

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Metsä- ja puutalouden markkinointi/ Paperi- ja kartonkituotteiden markkinointi

Saara Lehto

SEOSMASSOJEN VERTAILU

Opinnäytetyö

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOLU

Metsä- ja puutalouden markkinointi

LEHTO, SAARA

Opinnäytetyö	45 sivua, 19 liitesivua
Työn ohjaaja	Tekniikan Lisensiaatti Kauko Mononen
Toimeksiantaja	Kymenlaakson ammattikorkeakoulu
Toukokuu 2012	
Avainsanat	Seosmassat, sellun valmistus, eukalyptus, mänty, jauhatus, puun kuidut, paperin valmistus

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on löytää optimaalinen seosmassasuhde paperin- ja kartongin valmistuksessa vaadittavien ominaisuuksien kannalta. Tutkimuksessa käytetyt massat ovat eukalyptus- ja mäntysellu sekä niiden seokset. Tärkeimpänä tutkimuskohteena oli massaseoksien prosentuaalisen sekoitussuhteen sekä jauhatusajan vaikutus paperin laatuominaisuuksiin. Massat jauhettiin ja näytteet arkkeja varten otettiin 5, 25, 45 ja 65 minuutin välein.

Massat ovat peräisin UPM:n tehtailta ja työ suoritettiin Kymenlaakson ammattikorkeakoulun paperilaboratoriossa keväällä 2012.

Laboratoriotuloksia vertailtiin keskenään. Tutkittiin eri massojen vahvuuksia ja kuidun käyttäytymistä jauhatuksen aikana, sekä paperin valmistuksen tärkeimpiä komponentteja hyvän tuotteen aikaansaamiseksi. Työssä päästiin oikeaan lopputulokseen eli saatiin selville sopiva massojen sekoitussuhde paperin- ja kartongin valmistuksen kannalta.

ABSTRACT

KYMENLAAKSONAMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Forest Products Marketing

LEHTO SAARA

Comparing Mixtures of Masses

Bachelor's Thesis

45 pages 19 pages appendices

Supervisor

Kauko Mononen, LicSc (Tech.)

Commissioned by

Kymenlaakso University of Applied Sciences

Keywords

Mixture of masses, pulp, eucalyptus, pine, grinding, wood fibers, paper-making

The Purpose of this study is to find the optimal mixture ratio of the mass of paper and board production in terms of performance requirements. The masses used in the study are eucalyptus and softwood pulp as well as their mixtures. The main research interest was the effect of the percentage of pulp mixtures and the mixing ratio the time of the grinding effect on paper quality. The mass of ground samples were taken for the sheets at 5, 25, 45 and 65 minute intervals.

Masses are from UPM's mills and the work was carried out at the paper laboratory of the University of Applied Sciences in the spring of 2012.

Laboratory results were compared with each other. The masses were studied in different strengths and the behavior of the fiber was researched during the milling process, as well as the main component of paper production to obtain a good product. A suitable mixing ratio of the mass for paper was found in the study.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1 JOHDANTO	6
1.1 Työn tausta	6
2 TYÖN TAVOITTEET	7
3 TYÖN VIITEKEHYS	8
4 TYÖN SIDOSRYHMÄT	9
5 PUULAJIT	10
5.1 Yleistä	10
5.2 Mänty	11
5.3 Eukalyptus	11
6 KEMIALLLISET MASSAT	11
6.1 Sulfaattikeitto	13
7 PUUN KUIDUT JA KUITUMITAT	15
8 TYÖN SUORITUS	16
8.1 Näytearkit	16
8.2 Jauhatus	17
8.3 Jauhatusasteen mittaus	17
9 PAPERITEKNISET OMINAISUUDET	18
9.1 Yleiset suureet	18
9.1.1 Neliömassa	18
9.1.2 Kosteus	20
9.1.3 Tiheys ja bulkki	20
9.1.4 Tuhkapitoisuus	22
9.2 Optiset suureet	22
9.2.1 Vaaleus	22
9.2.2 Opasiteetti	23
9.2.3 Kiilto	23
9.2.4 Huokoisuus	24
9.2.5 Sileys	24

9.3 Lujuusominaisuudet.....	26
9.3.1 Vetolujuus.....	26
9.3.2 Repäisylujuus.....	27
10 TULOKSET	28
10.1 Jauhatusaste	28
10.2 Lujuusominaisuudet	33
10.2.1 Veto- ja repäisylujuus	33
10. 3 Optiset ominaisuudet.....	37
10.3.1 Vaaleus	37
10.3.2 Sileys ja karheus	39
10.3.2 Huokoisuus	39
10.3.4 Kiilto	39
10.4 Mittausvirheet.....	40
11 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	41
12 TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT	42
LÄHTEET	
LIITTEET	

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Paperi- ja kartonkiteollisuus muuttuu jatkuvasti. Tarvitaan uutta teknologiaa sekä uusia raaka-aine ratkaisuja. Suomalaisen paperiteollisuuden raaka-aineena on toiminut laadukas kotimaisen koivun, männyn ja kuusen kuitu. Viime vuosina on otettu käyttöön trooppisia puulajeja ja eukalyptus on havaittu hyvin kilpailukykyiseksi sellun raaka-aineeksi. Eukalyptuksen etuja muihin puuraaka-aineisiin verrattuna on nopeakasvuisuus ja halpa hinta. Paperin ja kartongin raaka-aine koostumus vaihtelee valmistettavan paperi ja kartonkilajin mukaan. Kukin paperi - ja kartonkilaji vaatii oman kuitukoostumuksen, täyteaineen, liimauksen ja lisäaineet. Yleensä massa koostuu useasta eri raaka-aineesta, joilla kullakin on oma tehtävänsä haluttujen ominaisuuksien saamiseksi. Esimerkiksi painopaperit kuten aikakauslehdet vaativat hyvät painatusominaisuudet ja säkkipaperilta ja kartongilta vaaditaan hyvät lujuusominaisuudet. Tietyn paperin tai kartongin kuvaaminen mitattujen arvojen avulla siten, että sen käyttäytyminen jatkojalostuksessa ja lopputuotteessa voidaan ennustaa, on varsin vaikea tehtävä. On vaikea löytää sellaisia mittalukuja ja tapoja määrittää paperin toiminnallisia ominaisuuksia, jotka riittävän täydellisesti kuvaavat paperia.

Usein ei myöskään ole helppoa määritellä, minkälaista toiminnallista ominaisuutta paperilta tai kartongilta kulloinkin vaaditaan. Tällaisten objektiivisten mittalukujen ja määritysmenetelmien löytäminen on kuitenkin välttämätöntä haluttaessa verrata esimerkiksi eri raaka-aineiden soveltuvuutta tietyn paperin valmistukseen. Samoin mittauksia ja mittausrvoja tarvitaan oikean ajotavan määrittämisessä.

Valmiin paperin tai kartongin käyttötapa määrää vaadittavat toiminnalliset ominaisuudet. Toiminnalliset vaatimusten pohjalta määräytyvät vaatimukset paperin rakenteellisille ominaisuuksille. Paperin rakenteellisilla ominaisuuksilla tarkoitetaan mitattavia ominaisuuksia.

2 TYÖN TAVOITTEET

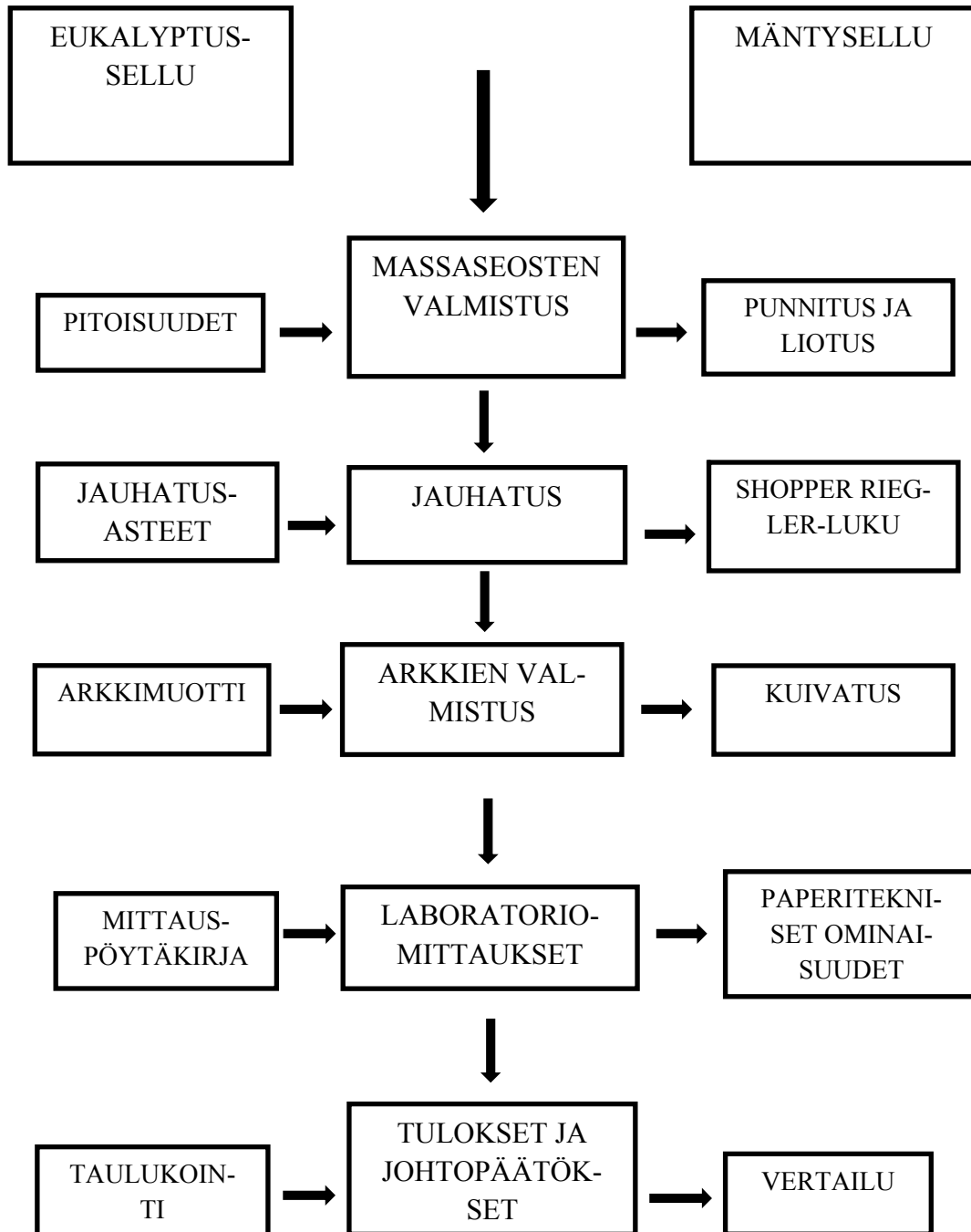
Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia eri massojen vaikutuksia paperitekniisiin ominaisuuksiin, kun trooppisesta lehtipuusellusta ja kotimaisesta havupuusellusta tehdään seosmassoja. Myös sellun jauhatusajan vaikutus huomioidaan. Tutkitavina massoina ovat eukalyptus- ja mäntysellu sekä niiden sekoitukset eri suhteissa. Tarkoituksena ei ollut laittaa massoja paremmuusjärjestykseen vaan poimia hyvän laatuisten omaavalle paperin ja kartongin ominaisuuksia kummastakin massoista ja tutkia miten mänty ja eukalyptussellun seosmassa vaikuttaa paperin ominaisuuksiin. Tavoitteena on löytää prosentuaalisesti optimaalisin massojen sekoitus-suhde paperin ja kartongin laatuominaisuuksien kannalta.

Työssä tutkitaan jauhatusajan vaikutusta paperimassan suotautuvuuteen, valmiin paperin optisiin ominaisuuksiin sekä lujuusominaisuuksiin. Papereilta ja kartongeilta vaaditaan paljon niin ulkonäöltä kuin lujuudeltakin. Eri massat antavat eri ominaisuuksia papereille ja kartongeille. Massoja voidaan myös sekoittaa, jotta saadaan kunkin massan hyvät ominaisuudet samaan tuotteeseen. Seosmassoja käytetään paljon ja työssä tutkittiin minkä verran kutakin sellua tulee lisätä, jotta saadaan paras laatu. Työhön otettiin mukaan suomalainen mänty ja uruguaylainen eukalyptussellu. Koska eukalyptusta käytetään paljon sellun valmistuksessa, haluttiin selvittää sen potentiaalisuus ja verrata sitä mäntyselluun.

Eri paperilajeja on paljon, ja paperin valmistus perustuu siihen, mitä asiakas haluaa. Paperilla on hyvin paljon erilaisia käyttökohteita. Eri käyttötarkoituksiin valmistetaan lukuisia ominaisuuksiltaan erilaisia paperilajeja. Näitä on pyritty standardisoimaan, mutta siitä huolimatta lajivalikoima on suuri. Kunkin lajin sisällä valmistetaan tyypillisesti vielä erilaisia ns. asiakaslajeja ("kauppalajeja") asiakkaan erityisvaatimusten mukaan. Työssä tarkastellaan mille paperilajeille eukalyptussellu ja sen sekoitukset sopivat.

3 TYÖN VIITEKEHYS

Tutkimuksessa käytettiin kahta eri ominaisuuksia omaavaa kemiallista massaa. Työ jakautuu kolmeen osioon; Jauhatus, arkin valmistus ja laboratoriomittaukset sekä tulosten tarkastelu. Kuvassa 1 on kuvattu insinöörityön viitekehys:



Kuva 1. Insinöörityön viitekehys

4 TYÖN SIDOSRYHMÄT

Työn toimeksiantajana toimi Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Työ suoritettiin Kymenlaakson ammattikorkeakoulun paperilaboratoriossa. Opinnäytetyöohjaajana toimi Kauko Mononen. Työssä käytetty mäntysellu on peräisin UPM Kymmene Oy:n Kaukaan tehtailta ja eukalyptussellu UPM Kymmene Oy:n Frey Bentosin tehtailta Uruguaysta.

UPM on yksi suurimmista kemiallisen sellun tuottajista. UPM:n tuotevalikoimaan kuuluvat pohjoisten metsien havu- ja lehtipuusellu sekä eukalyptuksesta valmistettava sellu. UPM:n selluntuotantokapasiteetti on 3,2 miljoonaa tonnia vuodessa. Neljästä sellutehtaasta kolme on Suomessa ja yksi Uruguayssa. Lisäksi UPM omistaa 11 %:n osuuden Botnian sellukapasiteetista. UPM on järjestelmällisesti laajentanut sellunmyyntitoimintojaan. Nykyinen asiakaskunta sijaitsee Aasiassa, Euroopassa ja Latinalaisessa Amerikassa kattaa kaikki sellun loppukäyttökohteet.

Frey Bentosin sellutehdas käynnistyi marraskuussa 2007. Tehdas sijaitsee Frey Bentosin kaupungissa läntisessä Uruguayssa. Tehdas tuottaa valkaistua eukalyptussellua, joka soveltuu hienopaperien, aikakauslehtipaperien, pehmopaperien ja kartonkien valmistukseen. Uruguayn sellua käytetään Suomessa paperi- ja kartonkiteollisuudessa. Sellu viedään tehtaan satamasta proomuilla Nueva Palmiran syvävesisatamaan, jossa se lastataan valtamerilaivoihin. Sellu tuodaan tehtaille sellupaaleina junalla. Sellua viedään Eurooppaan ja Aasiaan. Forestal Oriental toimittaa puuraaka-aineen tehtaille. Noin 70 % raaka-aineesta tulee yhtiön omilta puuviljelmiltä.(6.)

5 PUULAJIT

5.1 Yleistä

Kotimaisesta raakapuusta saadaan yksityismetsistä yli 80 %, loput jakautuvat yhtiöiden kesken. Kotimaisen puun lisäksi teollisuus käyttää raaka-aineena tuontipuuta. Tästä lähes 60 % lehtikuitupuuta. Puun kuitupuu on paperiteollisuudessa käytettävää puuosaa, jota ei Suomesta pystytä hankkimaan teollisuuden tarvitsemia määriä. Lehtipuut ovat kovaa puuta ja havupuut ovat pehmeää puuta. Molempia käytetään paperi- ja kartonkiteollisuudessa. Huomattava osa maailman paperista valmistetaan viileillä alueilla kasvavista lajeista. Myös trooppisilla ja subtrooppisilla alueilla pyritään viljelemään näitä lajeja pitkäkuitumassan saannin turvaamiseksi. Näillä alueilla ei luonnostaan kasva paperinvalmistukseen soveltuvia pitkäkuituisia puulajeja. (6.)

Euroopassa ja Aasiassa käytetään pääasiassa samoja havupuulajeja kuin Suomesakin, joskin myös jonkin verran lehtikuusta. Lehtikuusi ei suuren uutepitoisuutensa vuoksi sovellu yhtä hyvin massan raaka-aineeksi kuin kuusi ja mänty. Yhdysvaltojen ja Kanadan havupuulajit eroavat Euroopan ja Aasian puulajeista. Kanadassa ja Yhdysvaltojen pohjoisosissa käytetään kuitupuina mm. douglaskuusta, hemlockia, ponderosamäntyä, valko- ja mustakuusta sekä palsamijolokuusta. Kemialliselta koostumukseltaan eri massanvalmistuksen kannalta tärkeitä havupuut eivät ratkaisevasti eroa toisistaan. Suurin ero on uuteaineiden määrässä ja koostumuksessa. Uuteaineet rajoittavat eräiden puulajien käytettävyyttä sulfiitti-prosessissa ja mekaanisen massan valmistuksessa, mutta ei sulfaattiprosessissa.

Massanvalmistukseen käytettävien havupuukuitujen dimensioissa ei kovin suuria eroja esiinny. Merkittävimmin suomalaisista havupuista poikkeavat Yhdysvaltojen eteläosien männyt sekä Pohjois-Amerikan länsi- ja luoteisosien puulajit. Näillä puulajeilla on pitkät ja paksuseinäiset kuidut, mikä jossain määrin heijastuu massan ominaisuuksiin. Mäntypuulajeista valmistetaan massaa yleisimmin sulfaattimenetelmällä ja kuusta käytetään mekaanisten massojen raaka-aineena. (5.)

5.2 Mänty

Mänty (*Pinus sylvestris*) on valtapuulaji 65 prosentissa metsistä Suomessa. Suomi kuuluu kasvimaantieteessä pohjoiseen havumetsävyöhykkeeseen. Lähes puolet puuston tilavuudesta on mäntyä. Paperinvalmistuksen kannalta tärkeimmät kotimaiset havupuut ovat mänty ja kuusi. Levinneisyydeltään mänty on yksi maailman laajimmalle levinneistä puulajeista. Suomessa uudistetaan vuosittain noin 100 000 hehtaaria mäntymetsää. Tästä vajaa puolet uudistetaan luontaisesti ja reilu puolet keinollisesti. Luontaista uudistamista voidaan käyttää kanerva- ja puolukka-tyypin mailla, tai kivisillä tuoreilla kankailla. Männyn puuaine on koostunut 93 prosenttisesti trakeideista, jotka ovat puutuneita, kuolleita soluja. Puuaineen tiheys vaihtelee paljon kasvuolosuhteiden mukaisesti niin rungoittain kuin rungon eri osissa. Pituuskasvu kulminoituu Etelä-Suomessa noin 50- 60 vuoden iässä ja loppuu 100-150 vuoden iässä.(15.)

5.3 Eukalyptus

Eukalyptus on lehtipuu, joka kasvaa kaikkialla Australiassa. Eukalyptuksia istutetaan paperin valmistuksen kuitupuuksi Etelä-Amerikkaan. Eukalyptussellu valmistetaan pääasiassa Uruguayssa. Puu vaatii paljon vettä, eikä se pärjää pohjoisen olosuhteissa. Eukalyptuspuu kasvaa kymmenen kertaa nopeammin kuin pohjoisen havupuun. Puuaines on erittäin kovaa. Puun kuori on vaaleaa ja oksat kasvavat latvasa. Eukalyptukset, joita on yli 60 lajia, ovat taloudellisesti tärkeitä puulajeja, joilla on monia käyttötarkoituksia. Selluteollisuuden käyttöön eukalyptus kasvaa 7 vuodessa.(9.)

6 KEMIALLISET MASSAT

Paperimassaa valmistetaan puun kuiduista. Suomessa käytetyimmät puulajit massan valmistuksessa ovat havupuista kuusi ja mänty sekä lehtipuista koivu. Myös muita lehtipuita hyödynnetään kemiallisen massan valmistuksessa. Trooppiset puu-

lajit ovat saaneet jalansijaa selluteollisuudessa. Eukalyptusta käytetään jo paljon paperin ja kartongin valmistuksessa, joko seosmassana muiden puulajien kanssa tai sellaisenaan. (1.) Havu- ja lehtipuusellu tehdään aina erikseen, mutta sen jälkeen niitä voidaan sekoittaa keskenään.

Massaa valmistetaan kemiallisesti, mekaanisesti tai kemimekaanisesti. Mekaanisesti se tapahtuu hiertämällä tai hiomalla. Hiomaprosessissa puuta hiotaan hiomakiveä vasten, jotta kuidut irtoavat. Hiertäminen tapahtuu hiertämällä haketta levyjauhimilla. Kemiallinen massa eli sellu valmistetaan hakelastuista, joiden sekaan lisätään kemikaaliliuos. Kemialliset massat valmistetaan ilman mekaanista räsitusta kemikaalien avulla sellunkeittimissä. Kuitu ei rikkoonnu. Kemiallinen massa on korkealaatuista ja kallista, muttei aina täytä lujuusvaatimuksia. Tällöin on mahdollista käyttää kemimekaanista massaa, joka yhdistää kemiallisen ja mekaanisen massan valmistuksen. Aluksi puuta käsitellään kemiallisesti kuitujen imeytys ja keittovaiheessa, jolloin kuitujen väliset sidokset heikkenevät ja tämän jälkeen mekaaninen kuidutus voidaan suorittaa varovaisemmin kuin varsinaisessa mekaanisessa valmistusprosessissa. Mekaaninen massan valmistus kuluttaa paljon energiaa. Kun energian hinta nousee, mekaanisen massan kilpailukykyä menetetään. Sellun valmistus on tarkkuustyötä, kun halutaan saada aikaan juuri oikeanlaista raaka-ainetta erilaisille paperi- ja kartonkilajeille. (1.)

Havupuusellu, jonka raaka-aineena voidaan käyttää mäntyä ja kuusta, on pitkäkuituista, ja sitä käytetään antamaan paperille etenkin lujuutta. Havupuusellu parantaa paperin ajettavuutta paperikoneella. Lehtipuusellu on lyhytkuituista, ja sen raaka-aineena voidaan käyttää muun muassa koivua tai eukalyptusta. Lehtipuusellua käytetään lähinnä painopapereiden valmistuksessa, koska lyhytkuituinen sellu parantaa paperin paino-ominaisuuksia. Hienopaperin valmistukseen tarvitaan sekä pitkäkuituisia että lyhytkuituisia selluja. Hienopapereita käytetään paino-, kirjoitus- ja kopiopaperina. (5.)

6.1 Sulfaattikeitto

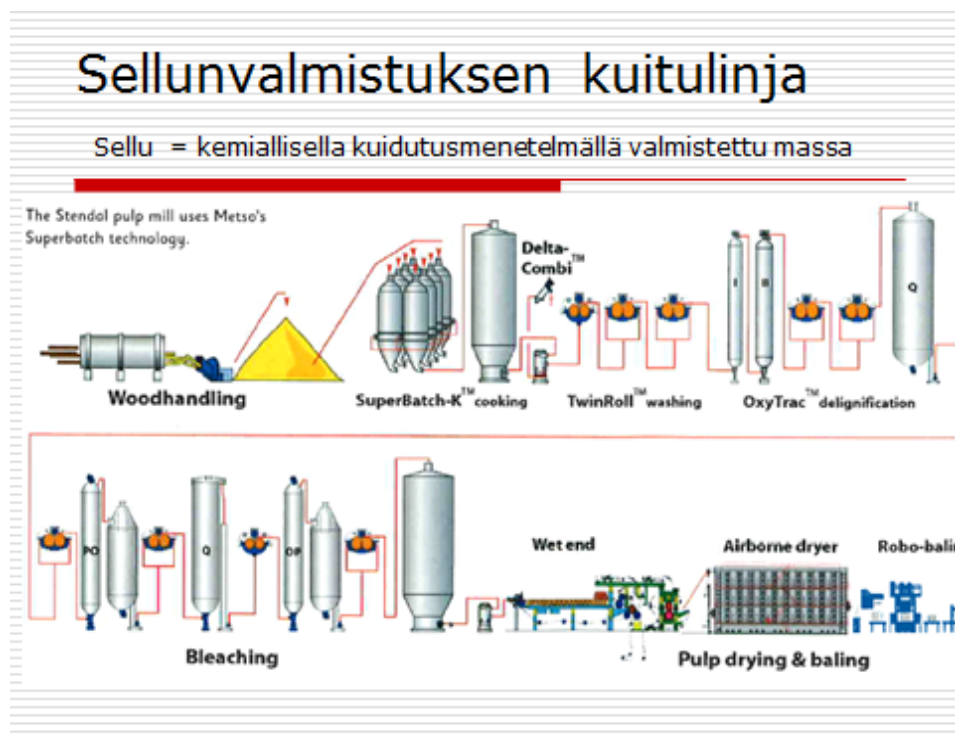
Selluteollisuuden päätuotteet ovat sellu, sähköenergia ja lämpöenergia. Sellua valmistetaan paperiteollisuudessa, joko sulfaatti- tai sulfiittimenetelmällä. Suomessa ja muuallakin maailmassa käytetään nykyään sulfaattimenetelmää, koska se on huomattavasti ympäristöystävällisempi sellunvalmistusmenetelmä. Sulfaattimenetelmä on saanut nimensä kemikaalien talteenoton korvauskemikaalista natriumsulfaatista, jota ei juurikaan enää käytetä, vaan tehtaat saavat tarvitsemansa natriumin ja rikin pääosin natriumhydroksidina (NaOH) ja rikkihappona (H_2SO_4). Sulfaattimenetelmässä voidaan käyttää monia puulajeja, sekä lujuusominaisuuksista saadaan paremmat. Sulfaattikeiton saanto on 45- 50 %.

Ligniini on puun kuitujen välinen liima-aine. Ligniiniä on 20- 30 % puun kuivapainosta ja se on keskittynyt puun kuidussa välilamelliin ja sekundääriseinämään. Ligniini kellastuttaa kuivuessaan paperin ja kartongin. Sellusta valmistettu tuote ei kellastu niin nopeasti kuin mekaanisesti valmistettu tuote, koska sellun keitossa ligniini saadaan lähes kokonaan poistettua. Sulfaattikeiton tarkoituksena on poistaa ligniiniä alkalisella liuoksella. Kuidut irtoavat toistaan keiton aikana, koska ligniini hajoaa. (3.)

Sellu valmistetaan sellukattilassa, jonka lämmitykseen käytetään höyryä. Keittimeen tuleva puuaines on kuorittu erittäin huolellisesti ja haketettu hakelastuiksi. Hakelastujen sekaan keittimeen lisätään keittokemikaalit eli keittoliemi, joka on valkolipeää. Valkolipeä imeytyy keiton aikana hakkeeseen ja kuidut fibrilloituvat. Valkolipeän vaikuttavina aineina ovat veteen liuenneet hydroksidi ja vetysulfidionit. Nämä liuottavat puusta 150- 180 °C:n lämpötilassa pääosan puun ligniinistä - ja osan puun hemiselluloosasta, minkä jälkeen puuhake hajoaa helposti kuiduiksi ja saatu tumma kuitumassa on valmis pestäväksi ja jatkokäsiteltäväksi.

Keittoaika ja lämpötila määräytyvät massalle halutun ligniinipitoisuuden mukaan. Ligniini pilkkoutuessa syntyy haisevia yhdisteitä, jotka ovat rikkivetyä, metyyli-merkaptania ja dimetyylisulfidia. Keiton aikana liuennutta nestettä, ligniiniä ja muita orgaanisia aineita kutsutaan mustalipeäksi. Mustalipeä kuivatetaan soodakattilassa, jonka jälkeen kuiva- aine poltetaan ja hyödynnetään sähkö- ja lämpöenergiaksi. Mustalipeä on Suomen tärkeimpiä biopolttoaineita. Myös keittokemikaalit käytetään uudelleen. Keitto voi tapahtua joko eräkeittona tai jatkuvatoimisena vuokeittona. Sellu valkaistaan, jotta saadaan vaadittu vaaleus tuotteelle ja epäpuhtaudet saataisiin kokonaan poistettua. (5.)

Kuvassa 2 esitetään sellunvalmistusprosessi.



Kuva 2 Sellunvalmistuksen kuitulinja

7 PUUN KUIDUT JA KUITUMITAT

Paperituotannossa on jo yli 30 erityyppistä kuitua, jotka vaihtelevat pituudeltaan 0,6 millimetristä 3 millimetriin. Kuiduiltaan erilaisten sellujen ominaisuuksia on tähän asti arvioitu vain karkeasti, vaikka erojen vaikutus valmiin paperin tuotantokustannuksiin on suuri. Puulajien kuiduissa on eroja. Kuidun pituus on tärkeää paperiteollisuudessa lujuusominaisuuksien kannalta. Pitkä kuitu antaa hyvät lujuusominaisuudet ja ajettavuuden. Männyllä on noin kolminkertainen kuidun pituus lehtipuukuituihin verrattuna. Kuitujen koko vaikuttaa myös kuitujen määrään painoysikössä, mikä vaikuttaa vuorostaan paperin formaatioon ja optisiin ominaisuuksiin. Lehtipuiden suurimmat edut havupuukuituihin verrattuna perustuvat niiden pienempään kokoon ja pienempään pituusmassaan eli kuitujen painoon. Pituusyksikköä kohden, joten samassa massamäärässä on lehtipuukuituja 4-12 kertaa enemmän kuin havupuukuituja. Tämä antaa paperille hyvän formaation, tasaisen arkin pinnan sekä pienen huokoskoon. Lehtipuukuitujen tehtävänä on parantaa paperin painettavuusominaisuuksia. Myös opasiteetti eli läpinäkyväisyys paranevat. Tärkeimmät kuitujen mitat paperin valmistuksessa ovat pituus, leveys, kuituseinämän paksuus ja pituusmassa. Taulukossa 1 on esitetty eukalyptuksen ja männyn kuidun pituudet.

	Eukalyptus	Mänty (kevät)	Mänty (kesä)
Kuidun pituus, mm	1,0	2,9	2,9
Kuidun halkaisija, μm	16	35	20
Seinämän paksuus, μm	3	2,1	5,5

Taulukko 1. Havu- ja lehtipuukuitujen dimensioita

8 TYÖN SUORITUS

Tutkimuksessa käytettävät massat ovat 100 %:n mäntysellu, 100 %:n eukalyptus-sellu sekä niiden seosmassat, joiden sekoitussuhteet olivat mänty 75 % ja eukalyptus 25 %, mänty 50 % ja eukalyptus 50 %, eukalyptus 75 % ja mänty 25 %.

8.1 Näytearkit

Sellut on tilattu Kymenlaakson ammattikorkeakoululle paperilaboratorion tutkimuksia varten UPM:ltä. Sellut on toimitettu arkkeina. Selluarkit liotetaan vedessä yön yli, jotta rakenne muuttuu sopivaksi jauhatusta varten. Selluja jauhetaan yhteensä 65 minuuttia ja niistä otetaan näytteen tietyin väliajoin. Näytteistä otetaan jauhatusaste ja tehdään näytearkit. Näytearkkeja tehdään kustakin sellusta kuusi kappaletta vertailumittauksia varten. Arkkit kuivataan ja valmiista arkeista otetaan laboratoriomittaukset. Mittaukset kirjataan mittauspöytäkirjaan ja niistä tehdään kuvaajat ja johtopäätökset.

Näytteet otettiin 5, 25, 45 ja 65 minuutin väliajoin. Näytettä otettiin jauhimesta 150 ml jauhatusasteen eli Shopper Riegler -mittaukseen ja arkkien valmistukseen.

Arkkilaitteen kiertovesisäiliöön lasketaan 23 litraa vettä. Jauhimesta otettu massanäyte laimennetaan 150 ml:ksi ja kaadetaan arkkimuottiin. Laimennettu näyte kaadetaan arkkilaitteeseen. Massa sekoitetaan veteen hyvin. Sen jälkeen vesi poistetaan ja se suotautuu viiran läpi jättäen viiran pinnalle massakakun. Veden suotautuvuutta viiran läpi massasta kutsutaan retentioksi. Avataan muotti ja puristetaan painoa käyttäen ylimääräinen vesi muodostuneesta arkista. Puristusajan tulee olla 20 sekuntia. Arkit puristetaan vielä 20 kp/cm²:n paineessa. Arkkeja valmistetaan kuusi kappaletta jokaisesta massanäytteestä. Märät arkit laitetaan kuivumaan kuivien arkkien väliin, jotka pannaan metallilevyjen päälle kuivumaan noin viikoksi. Niihin merkataan massa ja jauhatus aika. Kun arkit on kuivatettu, niistä otetaan mittaukset eli laatusuureet.

8.2 Jauhatus

Jauhatuksen tavoitteena on muokata fyysisesti kuituja niin, että ne muodostavat lujan ja sileän tuotteen, jolla on hyvät painatusominaisuudet. Jauhatusta tehtiin Kymenlaakson ammattikorkeakoulun laboratorion Valley-Hollanterilla. Yön yli liotetut selluarkit hajotetaan jauhimeen ja jauhihin täytetään vedellä. Jauhimeen asetetaan kuormitus, joka määräytyy jauhettavan massan mukaan. 100 %:n mäntysellulla kuormitus oli 7 kg ja muilla 5,5 kg. Jauhihin käynnistetään ja mitataan aikaa. Jauhatusta on erittäin tärkeä osa paperin valmistusta, koska sen mukaan määräytyvät useat paperin ominaisuudet. Jauhatusaika onkin suurin eroja aiheuttava tekijä tutkimuksessa. Jauhatusta muuttaa sellun kuitujen koostumusta. Liian pitkälle viety jauhatusta ei paranna kuidun laatua vaan hyvät ominaisuuden muodostuvat vain tiettyyn jauhatustasasteeseen saakka. Lisääntyvä vedenpoistovastus voi olla yksi jauhatusta rajoittava tekijä. Jauhatustaste vaikuttavaa myös paperin kuivatuskustannukseen paperikoneen kuivatusosalla. Jauhatustaste laskettiin kaavalla 1.

$$C = m/V = 360\text{g}/23\text{L} = 15,7 \text{ g/l} \quad (1)$$

8.3 Jauhatustasteen mittaaminen

Shopper-Riegler laitteella määritetään massan jauhatustaste eli kuinka paljon se suodattaa vettä. Suotautuvuutta kuvataan Schopper-Riegler- luvun avulla. SR -luku

on suhteellinen. SR- luku mitataan suotauttamalla 1 litra massasulppua vapaasti laitteen viirakankaalle. Sakeus on 2g/l. Mittaus tehdään kalibroidulla SR- laitteella. Laimennettu massa kaadetaan laitteeseen ja laukaistaan pidätinvipu, jolloin vesi suotautuu viiran läpi alle asetettuun mittalasiin. Massan SR-luku muodostuu sitä suuremmaksi, mitä nopeammin suotautuminen hidastuu viiralle kertyvän kuitukun vaikutuksesta ts. mitä hitaammin massa suotautuu. Kun vesi on lakannut valumasta laitteen sivuputkesta, katsotaan Schopper- luku sen alla olevasta mittalasin asteikolta yhden yksikön tarkkuudella. Schopper näytteen laskentakaava eli kuinka paljon otamme näytettä SR -luvun määrittystä varten:

$$m = 2 \text{ g}$$

$$m = c \cdot l \Rightarrow V2 = m/c = 2\text{g}/15,7\text{g/l} = 130 \text{ ml/näyte} \quad (2)$$

9 PAPERITEKNISET OMINAISUUDET

9.1 Yleiset suureet

9.1.1 Neliömassa

On olemassa muutamia paperin ja kartongin yleisiä ominaisuuksia luonnehtivia suureita, jotka määritetään riippumatta tulevasta käytöstä ja jotka lajinnimikkeen ohella antavat käsityksen kyseisestä paperista tai kartongista. Näitä ominaisuuksia ovat neliömassa ja paksuus sekä näistä laskettu kiintotiheys. Neliömassa on yhden paperi- tai kartonkineliömetrin paino grammoina (g/m^2). Neliömassa kertoo, kuinka paljon puun kuituja grammoina on yhdessä neliömetrissä paperia. Neliömassa on tärkeä suure paperin ja kartongin loppukäyttöä ajatellen. Neliömassan muuttaminen vaikuttaa lähes kaikkiin paperin ominaisuuksiin. Valtaosa muutoksista syntyy suoraan kuitujen ja lisäaineiden määrämuutosten myötä. Paperi ja kartonkitehtailla valmistetaan yleensä eri neliömassaisia tuotteita. Neliömassan laskemisessa käytetään kaavaa 3.

$$W = 10000m / A, \text{ jossa}$$

W = neliömassa g/m m = massa g

A = pinta -ala cm^2 (3)

9.1.2 Kosteus

Kosteudella on suuri vaikutus paperin ominaisuuksiin. Paperin kosteus määritetään näytteen painohäviönä, kun näyte on kuivattu vakiopainoon lämpötilassa $105^{\circ}\text{C} + -2^{\circ}\text{C}$ ja se ilmoitetaan näytteen painosta. Määrittelyssä käytetään 2-5 g näytettä. Määritykset tehdään kosteusanalyysaattorilla, mikä ilmoittaa kosteusprosentin kun näytteen vakiopaino on saavutettu. Kosteusprosentti lasketaan kaavasta 4.

$$\text{kosteus} - \% = \frac{m_1 - m^2}{m_1} * 100 \%,$$

missä m_1 = massa alussa

$$m_1 - m^2 = \text{massa lopussa} \quad (4)$$

9.1.3 Tiheys ja bulkki

Paperin ja kartongin paksuus ja tiheys ovat hyvin tärkeitä suureita. Erityisen tärkeitä ne ovat kartongilla. Näytearkin paksuus mitataan mikrometrillä. Tiheys lasketaan kaavasta 5.

$$X = 100 * w/t, \text{ missä}$$

w = neliömassa g/m^2

t = paksuus μm

$$X = \text{tiheys } \text{kg/m}^3 \quad (5)$$

Bulkki on kiintotiheyden käänteisarvo. Kalanterointi lisää tehokkaasti tiheyttä, mutta pudottaa samalla tehokkaasti bulkkia. Paperin ja kartongin bulkki lasketaan kaavasta 6.

$$\text{Bulkki} = 1/X, \text{ missä}$$

X = näytteen tiheys

$$\text{Bulkin laaduksi tulee } \text{cm}^3/\text{g} \quad (6)$$

Neliömassan lisäksi paperin ja kartongin yleisiä ominaisuuksia luonnehtivia suureita ovat paksuus sekä neliömassan ja paksuuden avulla laskettu kiintotiheys. Paperin paksuus määritetään paperi- tai kartonkiarkin pintojen välisenä etäisyytenä. Jos mittausta suoritetaan yksinkertaisesta arkista, puhutaan arkin paksuudesta. Pinopak-suus taas on yksittäisen paperiarkin paksuus laskettuna useiden päällekkäin asetet-tujen arkkien paksuudesta.

Paperin kiintotiheys on massa tilavuusyksikköä kohti, kun tämä lasketaan paperin neliömassan ja pinopak-suuden perusteella. Kartongin kiintotiheys lasketaan tästä poiketen kuitenkin niin, että pinopak-suuden tilalla käytetään yksittäisen kartonkiar-kin paksuutta. Bulkilla taas tarkoitetaan kiintotiheyden käänteisarvoa. Bulkki on määräävä ominaisuus kartonkiteollisuudessa. Hyvään bulkkiin pyritään käyttämällä mekaanista massaa esimerkiksi kartongin keskikerroksessa. Suoritetaan massan jauhatusta varovaisesti ja koneella vältetään kovasti puristavia kovia nippejä. Esim. suursakeusperälaatikko antaa bulkkisen tuotteen. Kartongille suositellaan Soft - tai harja kalanterointia. Paperin bulkki ja siten yleensä myös taivutusjäykkyys ovat ris-tiriidassa useiden muiden paperin kriittisten ominaisuuksien kanssa. Usein valmis-tusprosessin optimointi onkin tehty muiden ominaisuuksien perusteella, joten bul-kissa ja taivutusjäykkyydessä on jouduttu tyytymään näin saavutettuun tasoon. (5.)

9.1.4 Tuhkapitoisuus

Tuhkapitoisuus kuvaa näytteessä olevaa epäorgaanisen aineen määrää. Tuhkan määrittäminen suoritetaan polttamalla näyte noin 925 °C:n lämpötilassa. Näytearkit leikataan näytepaloiksi tuhkausta varten. Palat punnitaan vaakalla ja tulokset kirjataan tarkasti muistiin. Tuhkauksen jälkeen alustan ja tuhkan paino punnitaan. Tuloksesta vähennetään alustan paino ja jäljelle jääneen tuhkan paino jaetaan näytteen alkuperäisellä. Näin saadaan näytteen tuhkapitoisuusprosenttina. Näytteiden tuhkapitoisuudet ovat 0...40 %. Päälystetyillä papereilla on suurempi tuhkapitoisuus kuin päälystämättömillä, koska tuhka muodostuu täyteaineista ja pigmenteistä.

9.2 Optiset suureet

9.2.1 Vaaleus

Vaaleus paperille saadaan itse puun kuiduista ja keiton yhteydessä valkaisulla. Valkaisu tehdään, joko ditioniittivalkaisulla tai peroksidivalkaisulla. Massa valkaistaan, koska se poistaa epäpuhtaudet ja, jotta saataisiin asiakkaan vaatima vaaleusaste tuotteeseen.

Paperin valkoisuus eli hajasiniheijastusluku mitataan Minolta-mittarilla. Vaaleus ilmoitetaan ISO -vaaleutena. Vaaleus vaikuttaa painopinnan kontrastiin ja on sen takia hyvin tärkeä ominaisuus, johon asiakkaat kiinnittävät huomiota. Vaaleutta säädetään massan vaaleudella ja lisäaineilla. Massa valkaistaan joko hapettavilla (peroksidivalkaus) tai pelkistävillä (ditioniittivalkaus) valkaisukemikaaleilla.

Peroksidivalkaisun päätavoite on nostaa massan vaaleutta, mutta se parantaa myös jauhautuvuutta ja tuottaa lujempaa massaa verrattuna valkaisemattomaan mekaaniseen massaan. Märkä- ja kuivavetolujuus paranee jopa 25 %. Lujuusominaisuuksien paraneminen johtuu pääasiassa alkalisuudesta, joka vaikuttaa kuitujen taipuisu-

teen ja yhdenmukaisuuteen lisäten arkin tiheyttä, kuitujen sidoslujutta, arkin sileyttä ja märkälujutta

Hienopaperissa käytetään paljon sellua ja mekaanisen massan osuus jää alle 10 prosenttiin. Tällaisille papereille on ominaista korkea vaaleus, joka saadaan valkaistun sellun ja täyte- aineiden avulla. Täysin ligniinivapaat paperit eivät juuri kelpaustu. Pyrittäessä maksimivaaleuteen on kyettävä optimoimaan kunkin tekijän suhteellinen osuus vaaleudesta ja huomioitava myös eri tekijöiden mahdolliset ristikkäiset vaikutukset. Tähän voidaan pyrkiä tarkastelemalla osaprosesseja, niissä vaikuttavia tekijöitä ja niiden vaikutuskykyä lopputuotteen vaaleuteen. Pohjapaperin ja päällystetyn paperin vaaleuteen voidaan vaikuttaa massa- ja päällystekoostumuksen avulla, täyteaineilla, väriaineilla, optisilla kirkasteilla sekä valmistusprosessin vaiheilla ja niiden olosuhteilla.

9.2.2 Opasiteetti

Opasiteetti kuvaa paperin kykyä estää alla olevan samantyyppisellä paperilla olevan paperin läpinäkyvyyttä. Riittävän lujuuden saavuttamiseksi joudutaan käyttämään enemmän sellua, mikä alentaa opasiteettia. Opasiteetin alentuma neliömassaa laskettaessa aiheutuu pääosin siitä, että kuitupartikkeleita on vähemmän tiettyä pinta-alaa kohti. Mekaaniset massat sekä täyteaineet, kuten kaoliini antavat hyvän opasiteetin. Hyvä opasiteetti on tärkeää painopapereille. Opasiteetti mitataan Minolta mittarilla. Kuusi paperiarkkia laitetaan päällekkäin ja niistä mitataan pinovaaleus.

100*ynsi vaaleus/pino vaaleudella.

9.2.3 Kiilto

Kiillonmittaamiseen käytetään kiiltomittaria, jonka mittapäässä mitataan näytteen heijastus yhdensuuntaisella valolla kun valon tulokulma ja havaitsemiskulma ovat 75°. Superkalanterointi lisää kiiltoa paperiin. Aikakausilehtipapereilta vaaditaan hyvää kiiltoa.

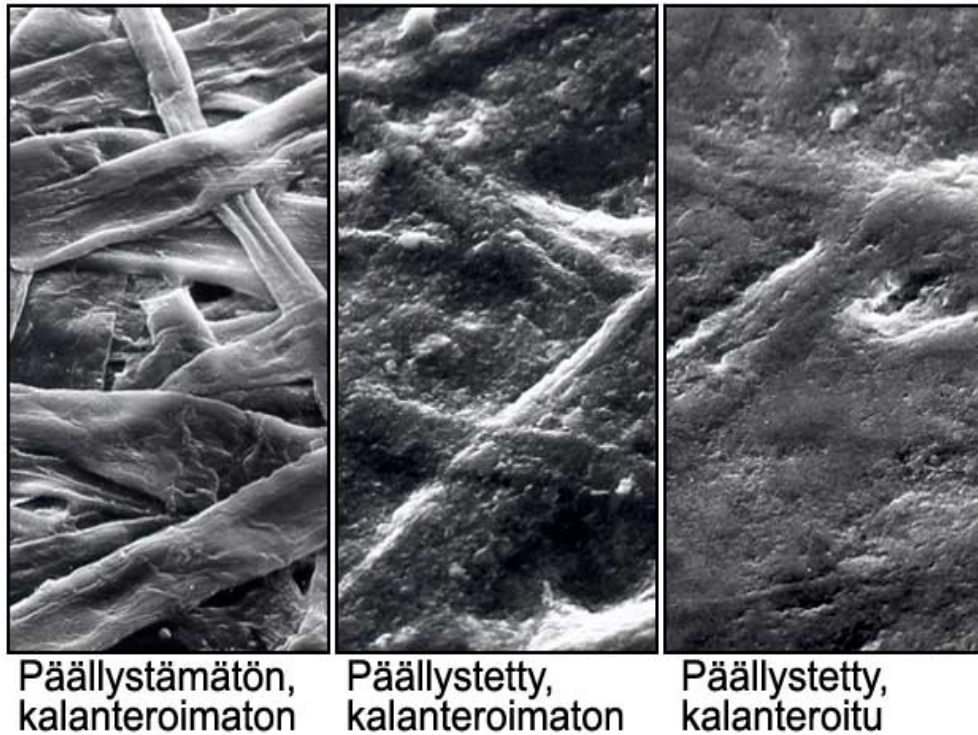
9.2.4 Huokoisuus

Ilmanläpäisevyys mitataan Bendtsen- mittarilla. Ilmanläpäisevyys on toisin sanoen huokoisuus. Huokoisuudella tarkoitetaan sitä ilmamäärää, jonka 150 mm paine-ero saa aikaan 5 cm² suuruisen pinta-alan läpi. Jokaisesta kuudesta näytteestä otetaan mittaukset. Päällystys, kalanterointi ja tuhkapitoisuus vaikuttavat suuresti paperin ja kartongin ilmanläpäisevyyteen. Huokoisuus on tärkeä suure pakkauspapereilla, pakkauskartongeilla ja säkkipaperiteollisuudessa, sillä säkki kestää iskuja ja pu-toamista paremmin mitä huokoisempi kuitujakauma on, koska huokoisen paperin kuitu on joustavampaa.

9.2.5 Sileys

Näytearkkien sileys määritetään Bendtsen mittarilla standardin SCAN-P 21:67 mukaisesti. Paperin sileys määritetään mittaamalla ilman ilmamäärää paperin ja sen päälle asetetun metallirenkaan välistä 150 mm wp: n paine-eron vallitessa. Bendtsen mittari antaa lukemat ml/min. Eri painomenetelmät vaativat painopinnoilta eri sileyksiä: offset 300- 300 ml/min ja syväpaino vaatii erittäin suurta sileyttä (20 ml/min.). Hyvä pinnan sileys takaa hyvän painojäljen paperiin. Kuvassa 3 on kuvattu päällistysten ja kalanteroinnin vaikutus pinnan sileyteen. Konekalanteroinnin tavoitteena on kasvattaa paperin sileyttä ja pienentää huokoisuutta paperirainaa puristamalla kahden telan muodostamassa nipissä. Toinen kalanteroinnin tärkeä tavoite on rainan paksuuden tasaaminen poikkisuunnassa. Paperin sileys on tärkeä ominaisuus syväpainatuksessa. Syväpainatuksessa on olennaista paperin ja painovärin hyvä keskinäinen kontakti. Sileys vaikuttaa painojäljen tasaisuuteen.

Paperi - kuiduista muodostettu levy



Kuva 3. Päällysteen ja kalanteroinnin vaikutus paperiin

Aikakauslehtipaperilta vaaditaan ajettavuutta, painettavuutta, kiiltoa, läpinäkyvyyttä ja vaaleutta. Paperi valmistetaan mekaanisesta massasta, mutta koska painopaperit ovat ohentuneet ja keventyneet vuosien myötä, lujittavaa sellua tarvitaan mukaan yhä enemmän. Aikakauslehtipaperi on sellunvalmistajan kannalta vaativin käyttökohde, koska se vaatii lujuutta paperin tekoon ja näyttävyyttä painamiseen. Pintaominaisuuksia, kuten kiiltoa ja sileyttä, lisätään päällystämällä paperi. Monet paperilaadut valmistetaan varta vasten tiettyä painomenetelmää silmälläpitäen. (5.)

9.3 Lujuusominaisuudet

9.3.1 Vetolujuus

Vetolujuus ja venymä ovat paperin yleisimmät mitattavat ominaisuudet. Näytearkkien vetolujuus mitataan Lorenz-Wettré- vetolujuusmittarilla. Näytearkeista leikataan 15 mm leveitä liuskoja kuusi kappaletta ja asetetaan mittauslaitteeseen. Mittaritulostaa vetolujuuden, venymän ja murtotyön. Venymä kuvastaa kuitujen joustavuutta. Vetolujuus on suurempi konesuunnassa kuin poikkisuunnassa.. Venymän ja murtotyön mittaus on oleellista etenkin säkkipaperin valmistuksessa, jossa tuotteelta vaaditaan kuormituksen kestävyyttä. Vetolujuutta voidaan parantaa pitkäkuitumassalla ja jauhatusajalla.

Vetoindeksi (Nm/g) lasketaan vetolujuudesta jakamalla se neliömassalla alla olevan kaavasta 7.

$$Y = \frac{1000 X}{w}$$

Y = vetoindeksi, Nm/g

X = vetolujuus, kN/m

W = neliömassa, g/m²

(7)

9.3.2 Repäisylujuus

Repäisylujuus on hyvin tärkeä paperin ja kartongin mitta. Repäisylujuus on radan ajettavuuden mitta paperi- ja kartonkikoneilla. Repäisylujuuden mittaus tehdään SCAN-P II:73 mittarilla. Näytteet taitetaan niin, että siinä on neljä kerrosta ja taite-
tuista liuskoista otetaan kuusi rinnakkaisnäytettä. Näytteisiin tehdään laitteella al-
kuviiito ja heilahduksen jälkeen saadaan lukema mittarilta. Kartonkiteollisuudessa
käytetään myös z-suuntaisen lujuuden mittausta, joka mittaa repäisylujuuden z-
suunnassa. Repäisyindeksi lasketaan repäisylujuudesta jakamalla se neliömassalla
alla olevan kaavasta 8.

$X = a/w$, missä

a = repäisylujuus

w = neliömassa, g/m^2 (8)

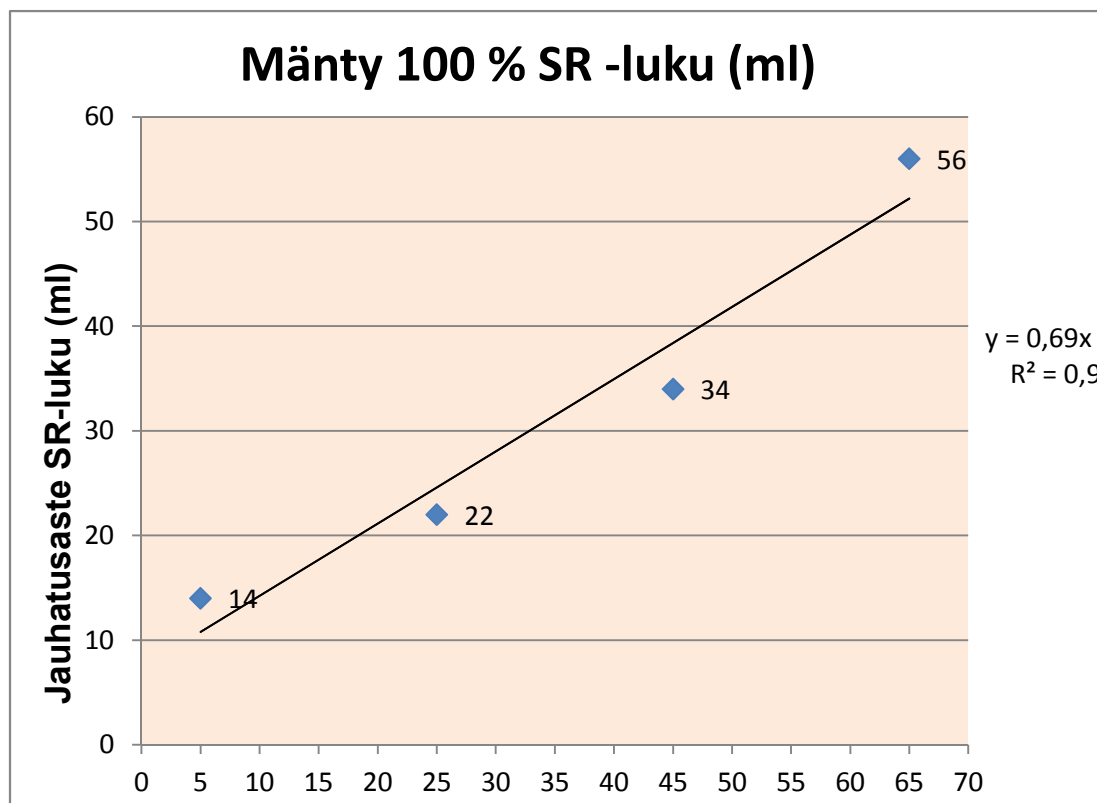
Repäisylujuus poikkisuunnassa on suurempi kuin konesuunnassa. Repäisylujuus riippuu herkästi kuidun pituudesta ja jauhatuksesta. Paperin poikkisuuntaista repäisylujuutta käytetään viansietokyvyn arvioimiseen. Katkot painokoneella johtuvat usein esimerkiksi rainassa olevien likaläiskien, reikien, reunavikojen aluella olevista jännityshuipuista, jotka aiheuttavat poikkittaisen repeämän. Paperilla pitää siten olla kyky vastustaa jännityshuippujen aiheuttamien repeämien syntymistä. Paperinäytteen repäisyyn tarvittavan työn voidaan ajatella koostuvan kahdesta komponentista:

- Revittäessä ehyinä säilyneiden kuitujen ulosvetämiseksi tehty työ. Tehtyyn työhön vaikuttaa ulosvetämistä vastustava kitka, kuitusidosten murtamiseksi tehty työ ja ulosvetämismatkan pituus, joka riippuu kuidun pituudesta.
- Revittäessä katkenneiden kuitujen katkaisemiseksi tehty työ. Tällöin kuitu on sitoutunut niin voimakkaasti, että se katkeaa helpommin kuin tulee vedetyksi ehyenä ulos. Tehtyyn työhön vaikuttaa yksittäisen kuidun lujuus.

10 TULOKSET

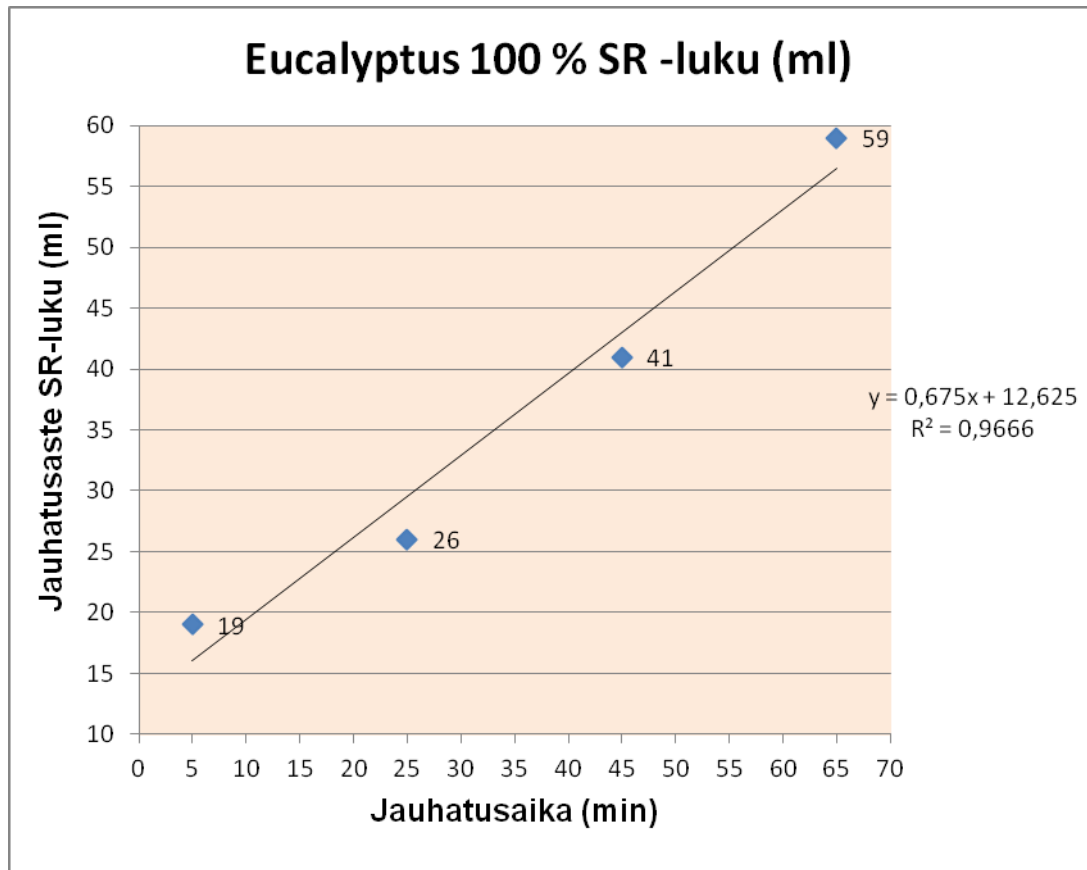
10.1 Jauhatusaste

Kuvassa 4 näkyy massan SR- luku jauhatusajan funktiona. Korrelaatiokerroin $R=0,9494$ on hyvin suuri, joten lineaarisuus on tilastollisesti erittäin merkitsevä. Se seikka, että massan jauhautuvuus nopeutuu kokeen loppuvaiheessa, johtuu massamäärän pienenemisestä, kun massaa on otettu näytteitä varten. Sama kuitumateriaali kiertää nopeammin jauhatusvyöhykkeen läpi, kuin kokeen alussa. Massat ajetaan paperikoneilla yleensä SR- luvun ollessa 30...35 °SR eli jauhatusaika ko. olosuhteissa saattaisi olla 32...40 minuutin välissä. Kuvasta voidaan päätellä, että mäntysellu jauhautuu melko hitaasti suurellakin teräkuormalla.



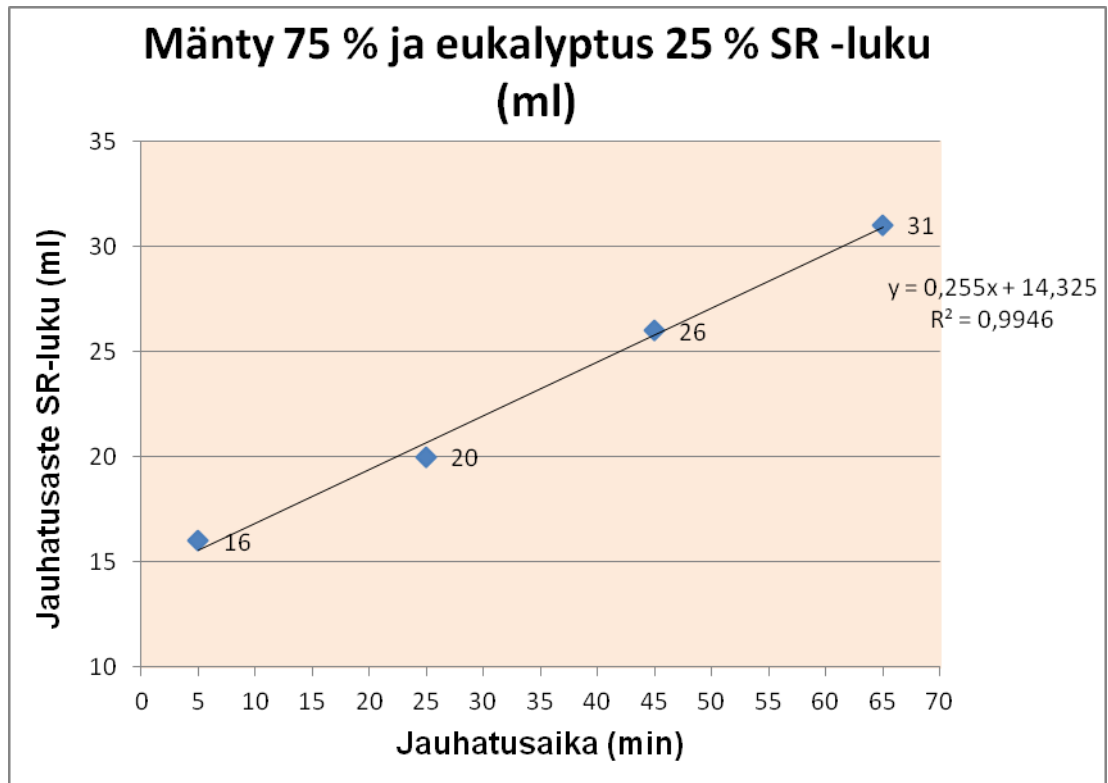
Kuva 4. 100 % mäntykuitumassan SR-luku jauhatusajan funktiona

Kuvassa 5 on esitetty 100 % eukalyptusmassan jauhautuvuus jauhatusaajan funktiona. Korrelaatiokerroin SR- luvun ja jauhatusaajan välillä on erittäin korkea $R=0,9666$. Verrattaessa 100 %:n mäntysellua ja 100 %:n eukalyptusta havaitaan, että massat jauhautuisivat lähes yhtä nopeasti. Yleensä lyhyt kuitu eli eukalyptusmassa jauhautuu nopeammin. Käyrien kulmakerrointen yhtäsuuruuden selittää männyn suurempi jauhatuskuormitus. Männyn jauhatuskuormitus oli 7 kg ja eukalyptuksen jauhatuskuormitus oli 5,5 kg.

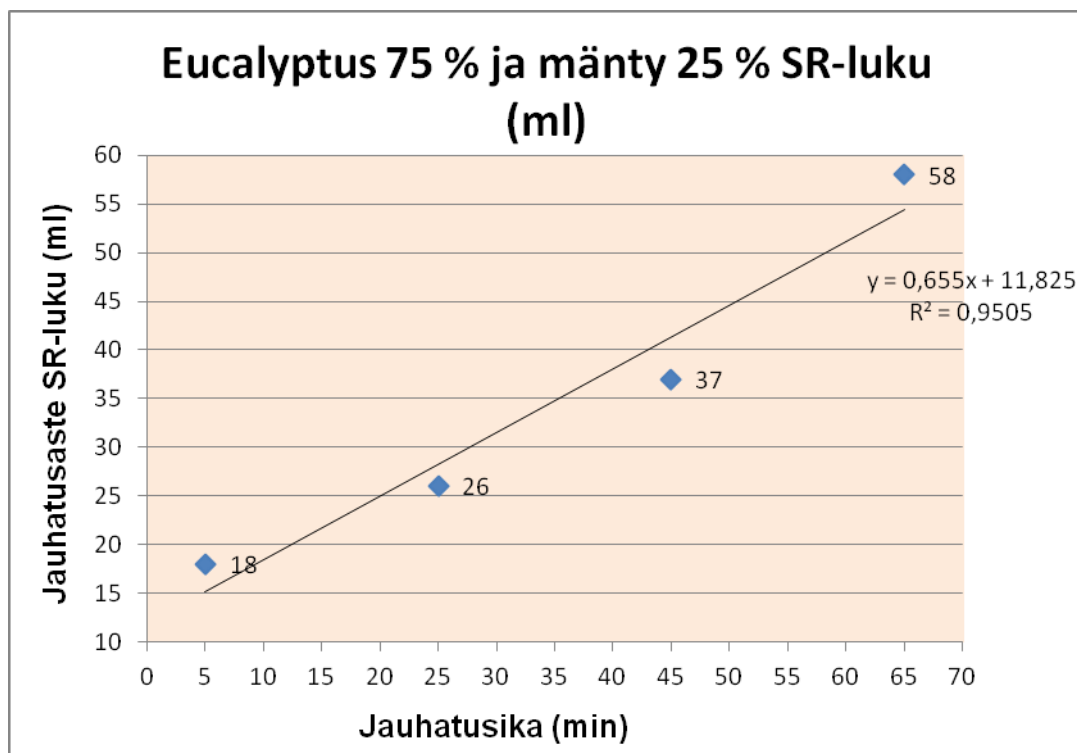


Kuva 5. 100 % eukalyptuskuutumassan SR- luku jauhatusaajan funktiona

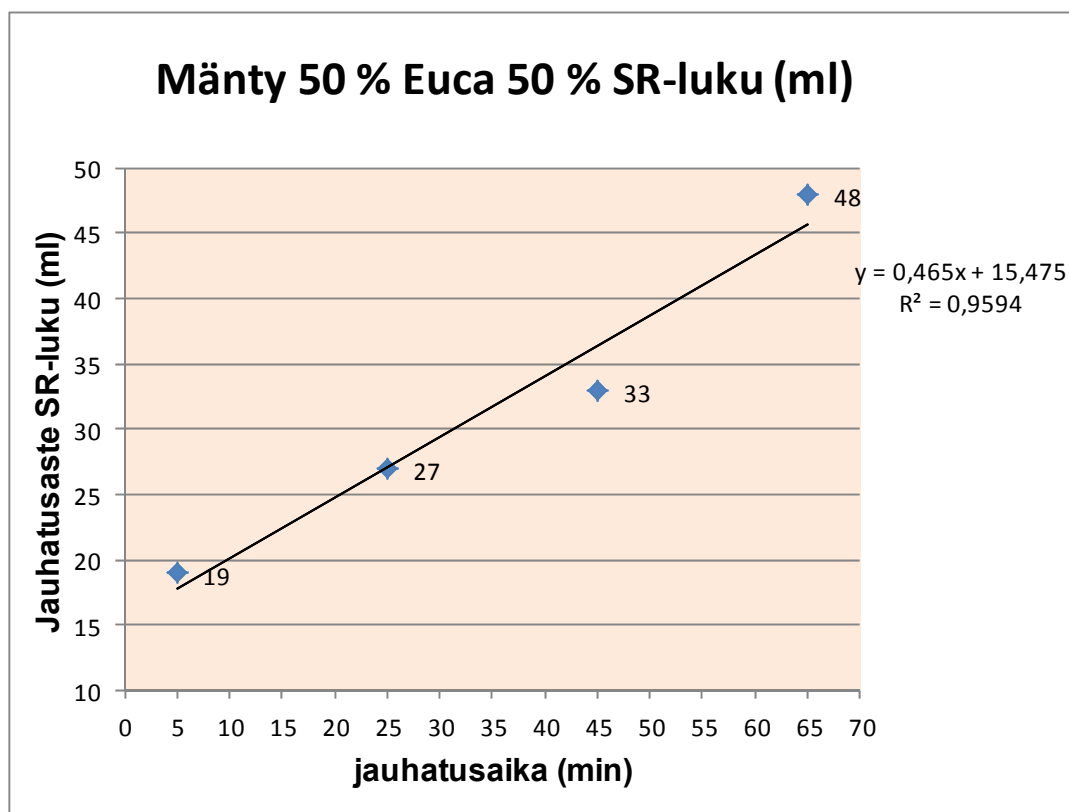
Kuvista 6 ja 7 havaitaan nyt kuinka seosmassojen kuidun pituus vaikuttaa massojen jauhautuvuuteen jauhatuskuorman ollessa sama. Pitkäkuituinen seosmassa (mänty 75 % ja eukalyptus 25 %) jauhautuu hitaasti, koska sen kulmakerroin on vain 0,255 ja vastaavasti lyhytkuituseosmassalla (eukalyptus 75 % ja mänty 25 %) kuvaajan kulmakerroin on 0,655. Lyhytkuituseosmassa jauhautuu siis erittäin nopeasti verrattuna pitkäkuituiseen (kuva 4) seosmassaan. Molemmissa kuvissa 4 ja 5 olivat jauhatuskäyrien korrelaatiot tilastollisesti hyvin korkeita ($R^2 > 0,9$), eli tulokset ovat luotettavia.



Kuva 6. 75 % mänty- ja 25 % eukalyptuskuitumassan SR- luku jauhatusajan funktiona



Kuva 7. Eukalyptus- ja mänty seosmassan SR- luku jauhatusajan funktiona



Kuva 8. 50 % mänty- ja 50 % eukalyptus seosmassan SR-luku jauhatusajan funktiona

Kuvassa 8 on seosmassojen mänty ja eukalyptus pitoisuudet olleet samat eli 50 % ja 50 %. Tämän seosmassan jauhautuvuus menee kuvan 6 ja 7 väliin, koska sen kulmakerroin on 0,465 eli se on suurempi kuin kuvassa 6: 0,255 (mänty 75 % ja eukalyptus 25 %), mutta pienempi kuin kuvassa 7: 0,655 (eukalyptus 75 % ja mänty 25 %). Kuvien 6, 7, ja 8 perusteella voidaan tehdä seuraavia johtopäätöksiä.

Pitkä- ja lyhytkuitumassat kannattaa jauhaa erillisinä linjoina, koska ne jauhautuvat niin eri tavalla. Pitkäkuitumassa vaatii suuremman kuormituksen. Massat kannattaa seostaa vasta jauhatuksen jälkeen. Koneilla lyhytkuituiset ja pitkäkuituisen massat jauhetaan aina erikseen ja yhdistetään vasta ennen koneelle menoa seosmassoiksi.

Koska jauhatus vaatii paljon energiaa massaseoksien yhdistelyssä on syytä suosia lyhytkuituisia massoja. Lyhytkuitumassa vie vähemmän energiaa, koska se jauhautuu nopeammin. Paperin formaatio ja painettavuusominaisuudet saadaan hyviksi, kun käytetään lyhytkuitumassaa.

Lyhytkuituisen sellun tonnihinta on yleensä markkinoilla edullisempi, kuin pitkäkuituisen mäntysellun. Jo massan hintakin edellyttää, että suositaan koneilla lyhytkuituseosmassoja (75 % eukalyptuskuituja ja 25 % mäntykuituja), joita käytetään esimerkiksi kopiopaperilla.

10.2 Lujuusominaisuudet

10.2.1 Veto- ja repäisylujuus

Taulukko 2 kuvaa massojen lujuuksia 30 ja 40 minuutin jauhatusajalla. 40 minuutin jauhatuksella mäntysellu on 37,5 % lujempaa kuin eukalyptussellu. Seossuhteella 50 % ja 50 % taas 100 %:n mäntysellu on 30 minuutin jauhatuksella noin 2,3 % lujempaa, mutta 40 minuutin jauhatuksella noin 18 % lujempaa seosmassaan 50 % ja 50 % verrattuna.

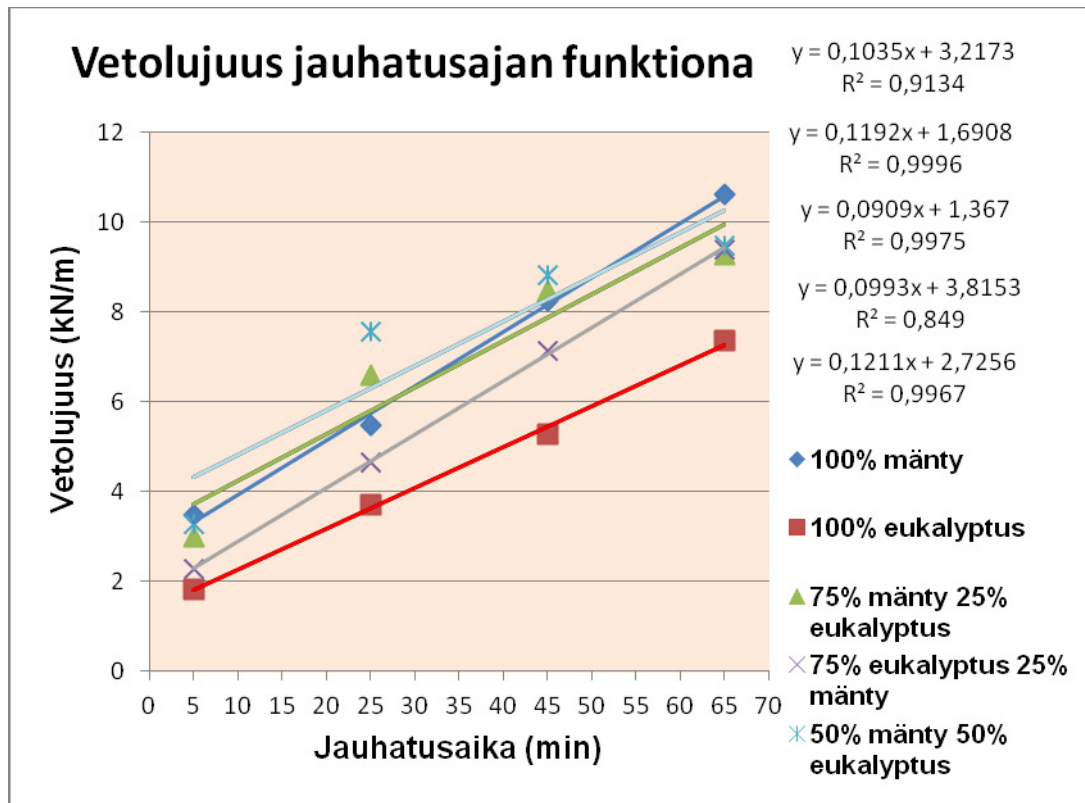
Taulukko 2. Vetolujuuksien vertailu jauhatusajan muuttuessa

Pitoisuus	Vetolujuus N/m 30 min	Vetolujuus N/m 40 min	Vetolujuudet % -asteikolla
mänty 100 %	6,5	8,0	+ 25 %
mänty 50 % eukalyptus 50 %	5,0	6,5	+ 30 %
eukalyptus 100 %	4,0	5,0	+ 25 %

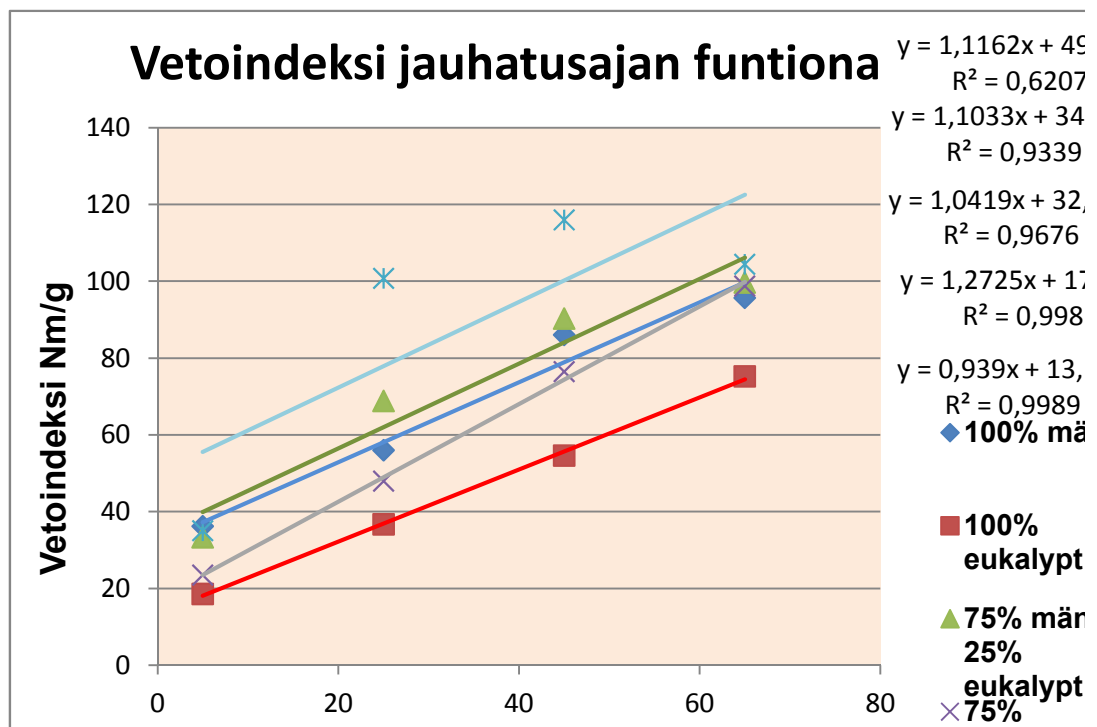
Taulukossa 3 on eri massojen repäisylujuudet 30 ja 40 minuutin jauhatusajoille.

Taulukko 3. Repäisylujuus vertailu jauhatusajan muuttuessa

Pitoisuus	Repäisylujuus mN 30 min jauhatus	Repäisylujuus mN 40 min jauhatus	Repäisylujuudet % -asteikolla
mänty 100 %	575	600	+ 4,3 %
mänty 50 % eukalyptus 50 %	330	375	+ 13,6 %
eukalyptus 100 %	240	280	+ 16,7 %

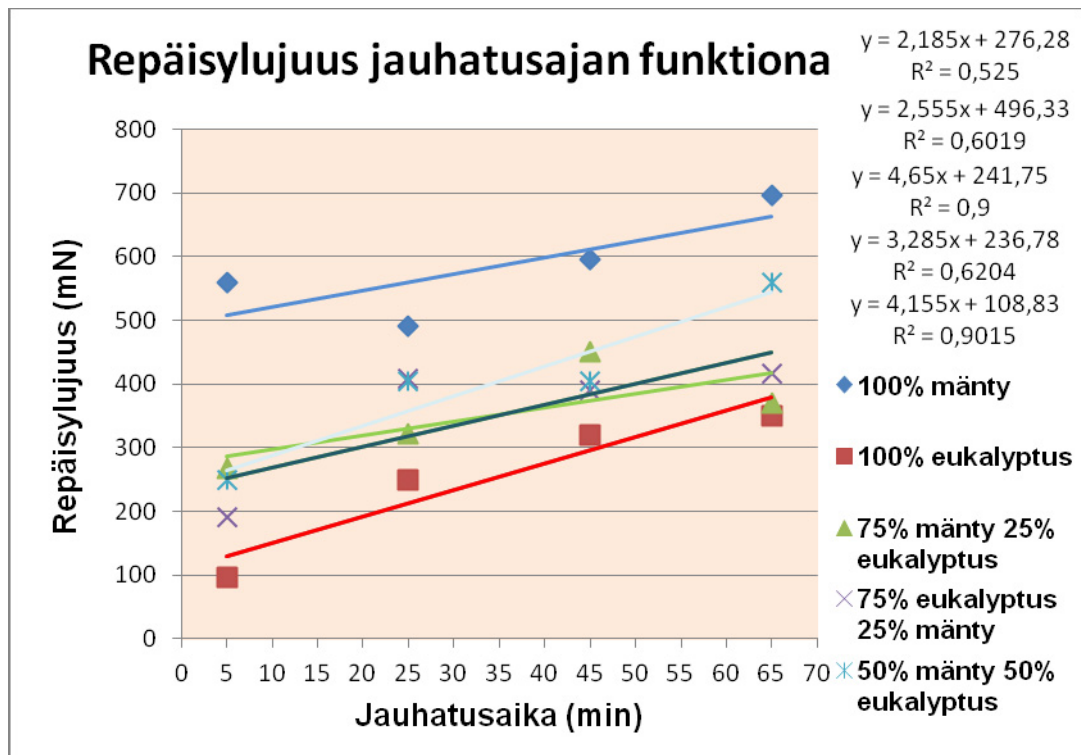


Kuva 9. Vetolujuus jauhatusajan funktiona



Kuva 10. Vetoindeksi jauhatusajan funktiona

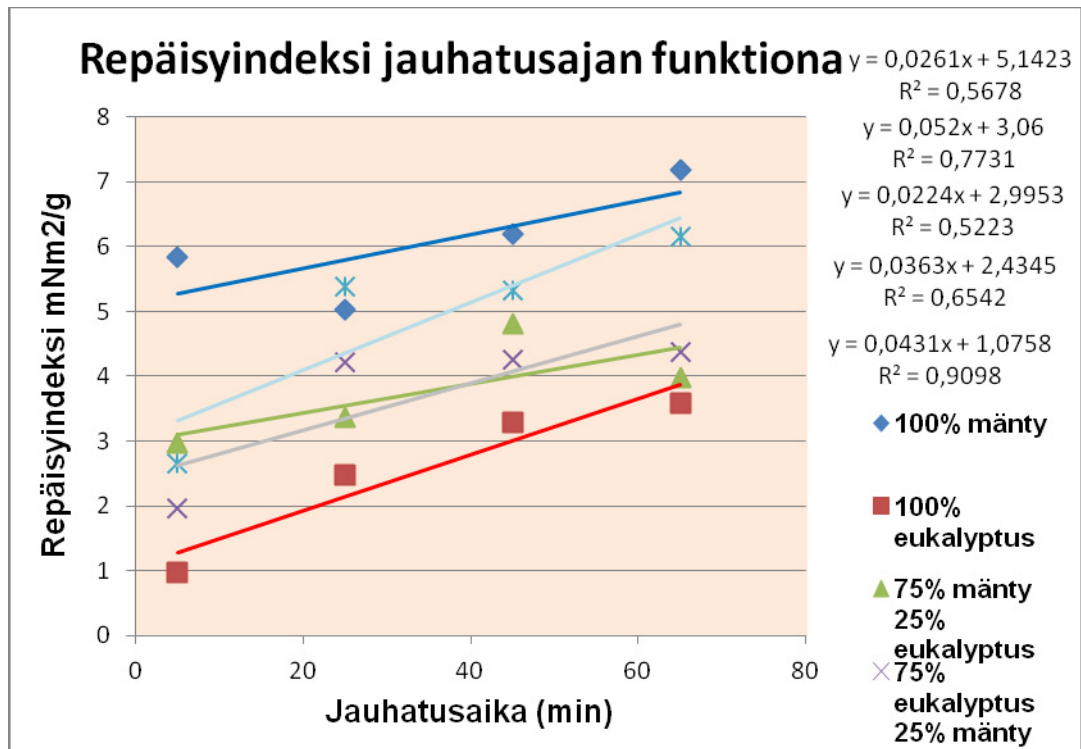
Kuvasta 9 havaitaan, että pitkäkuitumäntysellu antaa hyvät lujuudet. Kuvassa 10 on kuvattu vetoindeksi jauhatusajan funktiona. Kuvan mukaan vetoindeksin selitys ei ole lineaarisesti kuidun pituuden funktio, vaikka vetoindeksi suorien korrelaatiokertoimet ovat suuria. Seosmassoissa (75 % eukalyptuysellua ja 25 % mäntysellua) on saavutettu parhaat vetoindeksitulokset. Kaiken kaikkiaan seosmassoilla on saatu hyvät vetoindeksi-arvot, ainakin seosmassalla (50 % mänty ja 50 % eukalyptus) on vetoindeksi liki 60 Nm/g, kun se 100 %:n mäntysellulla on vain 65 Nm/g eli vetoindeksiin ei kuidun pituuden lisäys ole vaikuttanut niin herkästi kuin repäisyindeksiin.



Kuva11. Repäisylujuus jauhatusajan funktiona

Kuvasta 11 voidaan päätellä, että pitkäkuituisen mäntysellun repäisylujuudet ovat erittäin hyvät. Huomataan, että mäntysellun repäisylujuus on 30 minuutin jauhatusajalla noin 58 % suurempi kuin eukalyptusmassalla, mutta 40 minuutin jauhatuksella 53 % suurempi. Seosmassoilla (50 % ja 50 %) tilanne on edelleen 30 minuutin jauhatuksella 42 % männyn eduksi mutta 40 minuutin jauhatuksella 37,5 %. Repäisylujuus riippuu merkittävästi juuri kuidun pituudesta.

Kuvassa 12 on repäisyindeksi jauhatusajan funktiona. Kuten kuvasta 12 huomataan kuidun pituuden vaikutus näkyy hyvin voimakkaana repäisyindeksissä. 30 minuutin jauhatusajalla 100 % mäntysellun repäisyindeksi on $6 \text{ mNm}^2/\text{g}$ ja 100 % eukalyptussellun vastaava arvo on $2,3 \text{ mNm}^2/\text{g}$. Mäntysellun repäisyindeksi on 30 minuutin jauhatuksella erittäin hyvä. Mäntysellu on erinomainen armeeraus eli lujuutta antava kuitumassa. Seosmassalla (50 % ja 50 %) repäisyindeksi on $4,6 \text{ mNm}^2/\text{g}$, mikä on lähempänä 100 % mäntysellun repäisyindeksiä ($2,3 \text{ mNm}^2/\text{g}$). mäntyarmeeraussellu toimii hyvin lujuutta antavana materiaalina seosmassoissa. Ajettaessa seossuhteella (75 % eukalyptusta ja 25 % mäntyä), joka on yleinen koneilla, saadaan repäisyindeksi $3,6 \text{ mNm}^2/\text{g}$, mikä on 56,5 % suurempi kuin puhtaalla 100 % eukalyptussellulla. Ajettavuus koneella paranee siis jo varsin pienellä mäntysellun lisäyksellä. Seosmassalla 50 % ja 50 % repäisyindeksi $4,6 \text{ mNm}^2/\text{g}$ on lähempänä 100 % mäntysellun repäisyindeksiä $6,0 \text{ mNm}^2/\text{g}$, kuin 100 % eukalyptusmassan repäisyindeksiä $2,2 \text{ mNm}^2/\text{g}$ 30 min jauhatuksella.

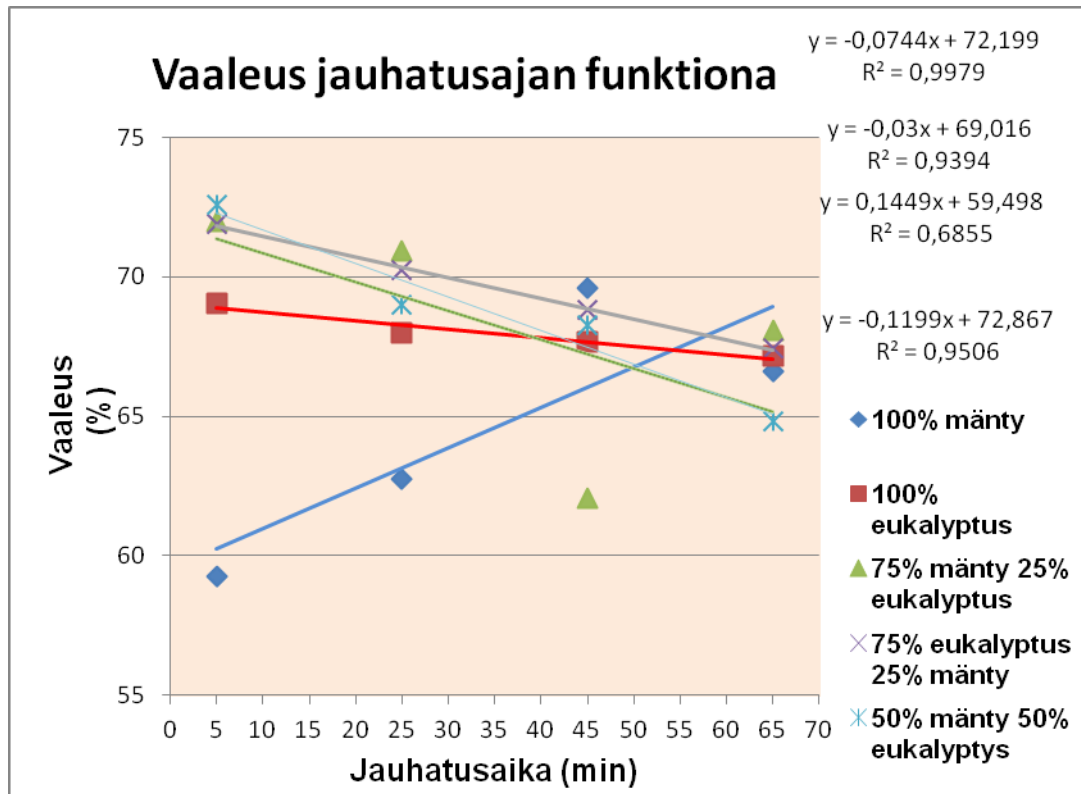


Kuva 12. Repäisyindeksi jauhatusajan funktiona

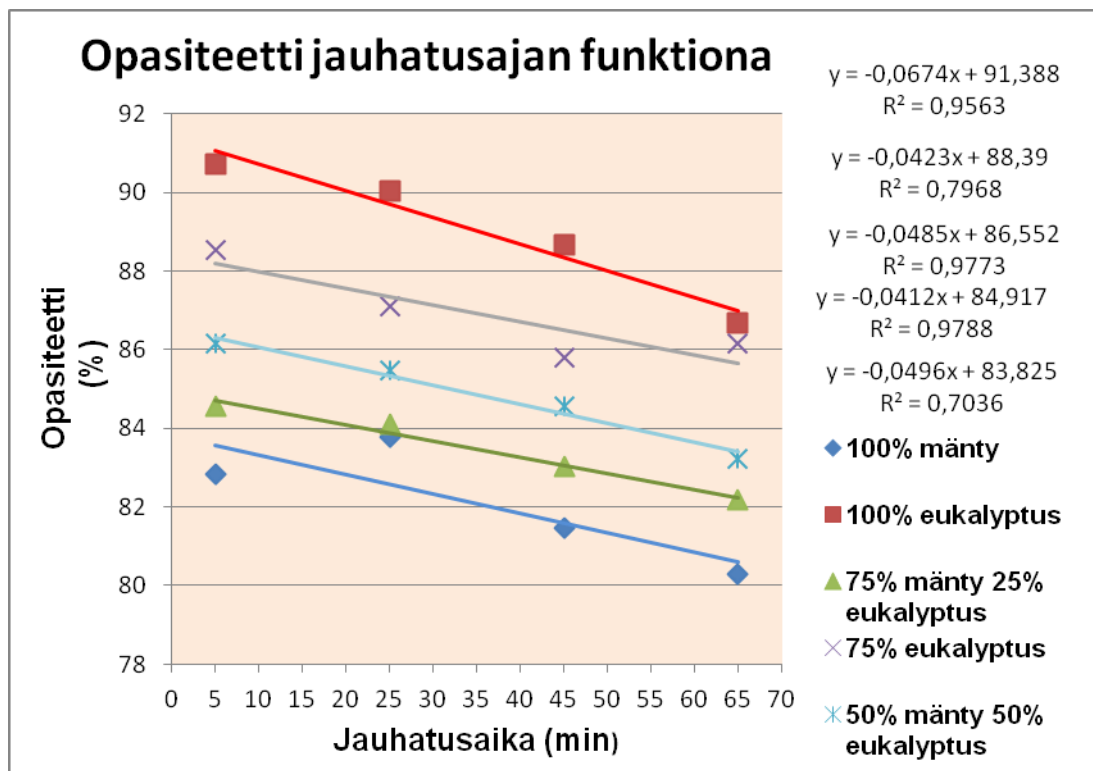
10. 3 Optiset ominaisuudet

10.3.1 Vaaleus

Kuvassa 13 on koearkkien vaaleudet jauhatusajan funktiona. Seosmassoilla ja 100 %:n eukalyptusmassalla vaaleus laskee jauhatusajan lisääntyessä. Näin on tilanne myös teollisuudessa. Jos massaa jauhetaan pitkälle, sen vaaleus laskee. 100 %:n mäntysellu on käyttäytynyt poikkeuksellisesti. Vaaleuteen vaikutetaan sellun valkaisukemikaaleilla. Jauhatus ei varsinaisesti vaikuta vaaleuteen. Paperin lisä- ja täyteaineet (massapigmentit ja päällystyspigmentit) luovat pohjan tuotteen vaaleudelle. (4.)



Kuva 13. Näytearkkien vaaleus jauhatusajan funktiona



Kuva 14. Näytearkkien opasiteetti jauhatusajan funktiona

Kuva 14 kuvaa näytearkkien opasiteettia jauhatusajan funktiona. Tämän kuvaajan mukaan mitä enemmän kuitua jauhetaan, sen läpikuultavammaksi se tulee. Ylivoimaisesti parhaat opasiteetin arvot ovat 100 % eukalyptuksella. Eli eukalyptusmassoista saa hyvän formaation lisäksi hyvän opasiteetin tuotteelle. Nämä takaavat hyvän painettavuuden paperille. Seosmassojen kohdalla 25 min jauhatuksella 100 % eukalyptussellun opasiteetti on 90 %, kun 75 % eukalyptusta ja 25 % mäntyä vastaava arvo on 87 % eli ero on vain 3 % - yksikköä. Kuten kuvasta 14 nähdään, opasiteetti laskee kaikilla massakoostumuksilla jauhatusasteen noustessa. Jauhatus siis lisää paperin läpikuultavuutta, koska kaikkien opasiteettikäyrien kulmakertoimet ovat negatiivisia. Mitä suurempi neliömassa paperilla on, sen parempi opasiteetti.

10.3.2 Sileys ja karheus

Pinnan ominaisuuksiin vaikutetaan kalanteroinnilla ja täyteaineilla, jauhatus ei suoranaisesti vaikuta sileyteen. Mittaustulokset olivat hyvin samanlaisia kaikilla arkeilla. Sileys on tärkeä komponentti painatuksessa.(4.)

10.3.2 Huokoisuus

Jauhatuksella on suuri vaikutus huokoisuuteen. Mitä vähemmän massaa jauhetaan, sitä huokoisempaa se on. Huokoisuusluvut olivat melko suuria, koska näytearkkeja ei käsitelty samalla tavalla kuin paperikoneilla, joten tiiveys ei ollut täysin verrattavissa valmiiseen paperiin. Huokoisuus eli ilmanläpäisevyys kuvaa arkin tiiveyttä. Mitä bulkkisempaa paperi on sitä pienempi huokoisuus on. Säkkipaperit vaativat suuren huokoisuusasteen.(4.)

10.3.4 Kiilto

Arkkien kiilto vaihteli 3,0-4,6 % -yksikön välillä. Kiiltoon vaikutetaan massapigmenteillä, täyteaineilla sekä kalanteroinnilla. Näytearkkien kiiltotulokset eivät ole täysin verrattavissa valmiiseen koneella valmistettuun paperiin, koska niitä ei ole kiillotettu eivätkä ne sisällä täyte- ja lisäaineita. Superkalanterointia käytetään, kun tuotteelta vaaditaan erittäin suurta kiiltoa; esimerkiksi aikakauslehdet ovat näitä tuotteita.(4.)

10.4 Mittausvirheet

Mittausvirheet tarkoittavat havainnoitavan suureen todellista arvon ja mitatun arvon välistä eroa. Mittausvirheet voidaan jaotella karkeaan, systemaattiseen ja satunnaiseen virheeseen. Suhteellisen pienen otoskoon (6 kpl) vuoksi mittausvirheellä on suuri vaikutus tuloksiin. Mittausvirheitä voidaan minimoida kalibroimalla laitteet. Teollisuudessa pyritään kaikin keinoin vähentämään mittausvirheitä. Automatisoimalla mittaus päästään mittaustarkkuudessa jo melkoisesti eteenpäin, koska inhimilliset virheet jäävät pois

Karkea virhe syntyy, jos mitta-asteikko luetaan väärin, mittauslaitteeseen tulee toimintahäiriö tai tietojen tallennuksessa tapahtuu virhe.

Systemaattinen virhe tarkoittaa virhettä, joka johtuu käytetyistä mittalaitteista tai mittausmenetelmistä. Vaihteleva ilmankosteus testausolosuhteissa sekä mahdolliset kalibrointivirheet ovat systemaattisen virheen aiheuttajia. Tästä syystä esim. kosteusmittauksia ei voida pitää täysin luotettavina.

Satunnainen eli tilastollinen virhe on mittauksissa aina läsnä. Satunnaisen virheen vaikutus saataisiin minimoitua mahdollisimman suurella otoskoolla, sillä erisuuntaiset virheet kumoavat toisensa. Inhimilliset virheet ovat satunnaisten virheiden taustalla.

11 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksessa saatiin toteutumaan optimi kuitukoostumus koneella ajettaessa seosmassasuhteella 75 % eukalyptussellua ja 25 % mäntysellua. Tutkimuksen perusteella tämä seossuhde lyhyt- ja pitkäkuitumassaa saadaan laadullisesti paras lopputuote, kun käytössä on mänty ja eukalyptus massat. Mäntysellua ei tarvitse lisätä paljoa, kun se jo antaa tarvittavat lujuudet. On suuri merkitys minkälaista seossuhdetta käytetään. Mäntysellu tuo toivottavat ominaisuutensa esiin jo pienellä lisäyksellä. Jauhatusaika parantaa mäntysellun armeerausominaisuuksia. Suuri vaikutus jauhatuksella on massan suotautuvuuteen. Optiset ominaisuudet kärsivät liian pitkästä jauhatusajasta. Vaadittavat lujuusominaisuudet eivät myöskään parane jatkuvasti jauhatusaikaa nostaessa. Lehtipuukuitujen jauhatuksen tavoitteena on heikentää mahdollisimman vähän paperin optisia ominaisuuksia ja paperin painettavuusominaisuuksia muodostamalla hienoaainetta. Kuiduilta kuitenkin vaaditaan riittävää veto- ja repäisylujuutta ajettavuuden takaamiseksi.

Männyn kuidut antavat hyvät lujuusominaisuudet ja ajettavuuden paperille ja kartongille, joten mäntysellun säilyttäminen paperin valmistuksessa on erittäin tärkeää. Paperin ajettavuus koneella ja valmiin tuotteen kestävyys ovat riippuvaisia pitkistä kuiduista. Tätä voidaan kuitenkin korvata teknologialla ja lisäaineilla trooppisten massojen kohdalla. Eukalyptuksen kuidut ovat lyhyitä ja pehmeitä ja niillä saadaan helposti hyvät optiset ominaisuudet sekä painettavuus paperille. Paperin ominaisuudet ovat hyvin riippuvaisia toisistaan.

Paperikoneilla yleinen sekoitussuhde mm. paino- ja kirjoituspapereilla on 75 % eukalyptusta ja 25 % mäntyä, koska siten saadaan hyvän opasiteetin lisäksi hyvä vaaheus, hyvä formaatio ja hyvä painettavuus. Nämä ovat painotuotteiden tärkeimpiä ominaisuuksia. Lisäksi eukalyptuskuidut jauhautuvat helposti ja nopeammin kuin mäntykuidut eli jauhatus ei vaadi niin paljon sähköenergiaa kuin mäntysellun kuidutus. Eukalyptussellu on myös hinnaltaan edullista. Eukalyptus on hienopapereille ja pehmopapereille sopiva raaka-aine. Kun lisäämme kotimaisen männyn lujat ja

pitkät kuidut sekä eukalyptuksen lyhyet ja pehmeät kuidut oikeassa sekoitussuhteessa, pystymme yhdistämään niiden hyvät ominaisuudet tuotteeseen. Paperi – ja kartonkiteollisuus käyttää seosmassoja saadakseen tuotteelle vaadittavia ominaisuuksia. Etenkin kartonkiteollisuudessa käytetään seosmassoja, koska eri kerroksissa voidaan käyttää eri massalaatuja. Männyn kuituja on jauhettava pidempään taikka käytettävä raskaampaa teräkuormitusta jauhimessa. Eukalyptus kuidun jauhatusta on edullisempaa, koska se jauhautuu helpommin ja nopeammin. Eukalyptusmassan käyttö vaikuttaa huomattavasti jauhatusprosessin sähkönkulutukseen. Tutkimuksessa voitiin huomata, että lyhytkuitu jauhautuu pienemmällä kuormituksella. Koska tarvittava jauhatusaika on lyhyempi ja jauhatusta helpompaa voidaan tehdä johtopäätös, että energian kulutukseen voidaan vaikuttaa eukalyptussella käyttämällä. Raaka-ainekustannukset ovat pienemmät eukalyptussella.

Mäntykuidun lujuusominaisuudet ovat ehto paperin hyvälle ajettavuudelle ja paperiradan kestävyydelle. Uusilla laiteteknologioilla pystytään valmistamaan myös lyhyillä kuiduilla hyvä ajettavuus. Paperin ja kartongin valmistuksessa on käytettävä myös täyteaineita sekä lisäaineita. Täyteaineet antavat paperille hyvän painettavuuden ja sileyden.

12 TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT

Kemiallinen metsäteollisuus on kokenut 2000-luvulla suuria rakennemuutoksia ja paperitehtaita on suljettu. Suomalainen paperiteollisuus joutuu kilpailemaan: viime vuosina kaikki uudet paperikoneet on rakennettu Aasiaan. Vaikka suomalainen osaaminen on huippuluokkaa, se ei pysy kilpailukykyisenä, jos uuteen teknologiaan ei panosteta. Pehmopapereiden kysyntä on kasvanut kaikkialla maailmassa ja kasvaa edelleen. Paperi- ja kartonkitehtaat pyrkivät tekemään uusia ratkaisuja sähkönkulutuksen minimoimiseksi.

Eukalyptusplantaasit ovat selluteollisuuden nykypäivää ja hyväksi raaka-aineeksi todettu eukalyptussella on Suomessa käytössä monessa paperi ja kartonkitehtaassa. Puu kasvaa erittäin nopeasti ja se on halpa raaka-aine kotimaiseen verrattuna. Suomen metsäteollisuus kehittää jatkuvasti uusia käyttökohteita metsävaroilta.

Ympäristönsuojelu on otettava yhä enemmän huomioon, koska kuluttaja vaatii tuotteelta ympäristöystävällisyyttä.

Suurin osa uusista nopeakasvuisista puuplantaaseista on perustettu vastaamaan teollisuuden puuraaka-ainetarpeen. Teollisuuden käyttämästä puuraaka-aineesta plantaasipuun osuus on noussut sadan vuoden aikana lähes nollasta noin 40 %:iin ja osuuden odotetaan yhä nousevan. Suomalaiset voivat pärjätä näillä globaaleilla selumarkkinoilla vain, jos ne menevät mukaan plantaasitalouteen tai ainakin hyödyntävät lähialueen metsiä erikoistuneemmin. Nopeakasvuiset puuviljelmät ja niille tulevaisuudessa soveltuvat alueet sijoittuvat maantieteellisesti osittain alueille, joilla on maailmanlaajuisesti erityisen merkittäviä luonnon monimuotoisuusarvoja. Paperin kysyntä kasvaa alueilla, joilla talouskasvu on nopeaa eli Aasiassa ja pitkällä aikavälillä taantuu Euroopassa ja USA:ssa. Aasiassa paperin ja kartongin tuotanto on halvempaa, joten sitä on helppo kasvattaa kysynnän myötä. Talouskasvun painopisteen siirtymisen lisäksi paperin kysyntään vaikuttaa sähköisen viestinnän kehitys. Paperia korvataan yhä enemmän muilla välineillä.

Paperintuotannon vähentyessä myös massantuotanto pitkällä aikavälillä vähenee. Suomessa valmistetusta massasta noin 20 % viedään, loput käytetään kotimaassa. Sellumarkkinat ovat paperimarkkinoita selvästi globaalimmat ja Kiina on markkinoiden moottori. Uruguaysta sellua viedään moneen paikkaan, mutta Aasia on varmasti yksi keskeinen markkina. Kiinassa kysyntä kasvaa paljon, eikä maa ole sellun suhteen omavarainen.

Paperi- ja massateollisuuden määrä pienentyy Suomessa seuraavan 10 vuoden aikana edelleen. Määrää vaikea arvioida, mutta joidenkin arvioiden mukaan tuotantomäärä Suomessa alenisi vuoteen 2020 mennessä 1990-alun tasolle, eli noin neljänneksen nykytasoa alemmas. Sellun- ja massantuotanto riippuvainen paperintuotannosta. Kartongintuotannossa tilanne paperintuotantoa parempi ja tuotantomääriin ei tule radikaaleja muutoksia. Perinteisen paperi- ja selluteollisuuden merkitys pienenee, mutta säilyy jatkossakin tärkeänä teollisuuden alana Suomessa. Biojalostamot tulevat olemaan tärkeä osa metsäteollisuutta. Selluprosessilta kehityskulku vaatii uusia ominaisuuksia eli käytännössä tehokasta rikin poistumista prosessista. Trooppisia lehtipuita tai esimerkiksi olkea keitetessä rikitön selluprosessi on pit-

kähti ratkaistu. Havupuusellun kehittäminen ei ole helppo tehtävä, sillä rikin korvaaminen vaatii paljon tutkimus- ja kehitystyötä. (16).

Laadunvalvonta ilman UV:tä Valikko 1

Näytekoodi: MÄNTY 100% 5MIN 6

Näytepiste/rulla: 6

Puoli (YP/AP):

Toimintokoodi:

	Keskiarvo	min	max	Std. Dev.
Arvo X D65	86,28	86,05	86,57	0,20
Arvo Y D65	91,17	90,85	91,48	0,23
Arvo Z D65	91,68	91,38	91,92	0,23
Arvo L* D65	96,48	96,35	96,61	0,09
Arvo a* D65	-0,31	-0,38	-0,15	0,08
Arvo b* D65	4,15	3,88	4,37	0,18
Valkoisuus CIE + UV	72,51	71,55	73,55	0,69
Valkoisuus CIE - UV	59,26	56,69	115,49	28,16
R457 UV:n kanssa	86,01	85,74	86,24	0,22
R457 ilman UV:tä	72,34	5,89	85,86	32,55
Fluoresenssi R457	13,66	0,25	80,09	32,53
hallitseva aallonpituus	574,5	574,2	575,1	0,3
Ärsykepuhtaus	3,92	3,58	4,10	0,20
Sirontakerroin	33,88	24,62	50,17	9,00
Absorptiokerroin	0,14	0,10	0,20	0,04
Opasiteetti	82,83	76,28	89,31	4,49

Aseta nippu
Mustaontelo
seuraava näyte
R% kuvaaja
Tulosta
ASCII Output
Tallenna
Tietokannasta
Peruuta

5min. jauhettu 100 % mäntysulfaatti Minolta Spectrophometerillä mitattuna

Laadunvalvonta ilman UV:tä Valikko 1

Näytekoodi: MÄNTY 100% 25 MIN 7

Näytepiste/rulla: 7

Puoli (YP/AP):

Toimintokoodi:

	Keskiarvo	min	max	Std. Dev.
Arvo X D65	84,98	83,49	85,60	0,88
Arvo Y D65	89,85	88,23	90,53	0,97
Arvo Z D65	89,92	88,11	90,71	0,92
Arvo L* D65	95,93	95,26	96,22	0,40
Arvo a* D65	-0,39	-0,47	-0,28	0,07
Arvo b* D65	4,44	4,04	4,64	0,21
Valkoisuus CIE + UV	69,82	67,61	70,99	1,10
Valkoisuus CIE - UV	62,76	26,07	69,98	16,34
R457 UV:n kanssa	84,40	82,70	85,12	0,87
R457 ilman UV:tä	77,55	39,13	84,67	16,96
Fluoresenssi R457	6,85	-0,67	45,22	17,13
hallitseva aallonpituus	574,4	574,2	574,8	0,3
Ärsykepuhtaus	4,16	3,89	4,36	0,17
Sirontakerroin	32,88	29,61	38,79	3,58
Absorptiokerroin	0,18	0,16	0,21	0,02
Opasiteetti	83,77	81,75	86,70	1,93

Aseta nippu
Mustaontelo
seuraava näyte
R% kuvaaja
Tulosta
ASCII Output
Tallenna
Tietokannasta
Peruuta

25 min. jauhettu 100 % mäntysulfaatti Minolta Spectrophometerillä mitattuna

Laadunvalvonta ilman UV:tä Valikko 1

Näytekoodi: MÄNTY 100% 45MIN 5

Näytepiste/rulla: 5

Puoli (YP/AP):

Toimintokoodi:

	Keskiarvo	min	max	Std. Dev.
Arvo X D65	83,82	83,30	84,17	0,34
Arvo Y D65	88,68	88,10	89,06	0,39
Arvo Z D65	88,93	88,38	89,48	0,43
Arvo L* D65	95,45	95,20	95,61	0,16
Arvo a* D65	-0,49	-0,58	-0,43	0,06
Arvo b* D65	4,28	4,05	4,52	0,19
Valkoisuus CIE + UV	69,24	68,21	70,13	0,86
Valkoisuus CIE - UV	59,69	26,09	69,82	19,06
R457 UV:n kanssa	83,50	82,96	83,99	0,40
R457 ilman UV:tä	74,15	38,61	83,33	19,87
Fluoresenssi R457	9,35	0,32	45,21	19,96
hallitseva aallonpituus	574,0	573,7	574,1	0,2
Ärsykepuhtaus	4,10	3,73	4,17	0,21
Sirontakerroin	30,66	26,10	33,64	2,83
Absorptiokerroin	0,21	0,18	0,23	0,02
Opasiteetti	82,87	79,54	84,64	1,95

Aseta nippu

Mustaontelo

seuraava näyte

R% kuvaaja

Tulosta

ASCII Output

Tallenna

Tietokannasta

Peruuta

45 min. jauhettu 100 % mäntysulfaatti Minolta Spectrophometerillä mitattuna

Laadunvalvonta ilman UV:tä Valikko 1

Näytekoodi: MÄNTY 100% 65MIN 5

Näytepiste/rulla: 5

Puoli (YP/AP):

Toimintokoodi:

	Keskiarvo	min	max	Std. Dev.
Arvo X D65	82,37	81,72	82,71	0,41
Arvo Y D65	87,09	86,41	87,46	0,43
Arvo Z D65	87,18	86,71	87,53	0,32
Arvo L* D65	94,78	94,49	94,93	0,18
Arvo a* D65	-0,38	-0,42	-0,28	0,06
Arvo b* D65	4,37	4,21	4,49	0,10
Valkoisuus CIE + UV	67,13	66,84	67,43	0,23
Valkoisuus CIE - UV	66,63	66,39	66,77	0,16
R457 UV:n kanssa	81,88	81,44	82,20	0,29
R457 ilman UV:tä	81,50	81,08	81,77	0,27
Fluoresenssi R457	0,38	0,09	0,67	0,22
hallitseva aallonpituus	574,4	574,2	574,8	0,2
Ärsykepuhtaus	4,14	3,98	4,25	0,10
Sirontakerroin	25,69	23,35	27,78	1,79
Absorptiokerroin	0,23	0,21	0,25	0,02
Opasiteetti	80,29	78,15	81,95	1,53

Aseta nippu

Mustaontelo

seuraava näyte

R% kuvaaja

Tulosta

ASCII Output

Tallenna

Tietokannasta

Peruuta

65 min. jauhettu 100% mäntysulfaatti Minolta Spectrophometerillä mitattuna

Laadunvalvonta ilman UV:tä Valikko 1

Näytekoodi: MÄNTY 75%EUCA25% 5MI

Näytepiste/rulla:

Puoli (YP/AP):

Toimintokoodi:

6

6

Aseta rippu

Mustaontelo

seuraava näyte

R% kuvaaja

Tulosta

ASCII Output

Tallenna

Tietokannasta

Peruuta

	Keskiarvo	min	max	Std. Dev.
Arvo X D65	85,74	85,36	85,96	0,24
Arvo Y D65	90,61	90,16	90,87	0,28
Arvo Z D65	91,27	91,12	91,42	0,14
Arvo L* D65	96,25	96,06	96,36	0,12
Arvo a* D65	-0,33	-0,39	-0,24	0,05
Arvo b* D65	4,04	3,82	4,15	0,12
Valkoisuus CIE + UV	72,41	72,10	72,93	0,30
Valkoisuus CIE - UV	71,99	71,74	72,49	0,28
R457 UV:n kanssa	85,63	85,48	85,77	0,14
R457 ilman UV:tä	85,28	85,12	85,42	0,13
Fluoresenssi R457	0,35	0,17	0,38	0,12
hallitseva aallonpituus	574,5	574,3	574,9	0,2
Ärsykepuhtaus	3,80	3,67	3,89	0,09
Sirontakerroin	38,86	30,58	50,12	7,66
Absorptiokerroin	0,18	0,14	0,23	0,04
Opasiteetti	84,57	79,95	88,74	3,40

5 min. jauhettu 75 % mäntysulfaatti ja 25 % eukalyptussulfaatti Minolta Spectrophometerillä mitattuna

Laadunvalvonta ilman UV:tä Valikko 1

Näytekoodi: MÄNTY 75% EUCA 25% 2

Näytepiste/rulla:

Puoli (YP/AP):

Toimintokoodi:

6

6

Aseta rippu

Mustaontelo

seuraava näyte

R% kuvaaja

Tulosta

ASCII Output

Tallenna

Tietokannasta

Peruuta

	Keskiarvo	min	max	Std. Dev.
Arvo X D65	85,58	85,10	85,83	0,28
Arvo Y D65	90,47	89,63	90,77	0,43
Arvo Z D65	90,83	89,69	91,28	0,57
Arvo L* D65	96,19	95,84	96,32	0,18
Arvo a* D65	-0,36	-0,53	0,23	0,29
Arvo b* D65	4,24	4,05	4,44	0,18
Valkoisuus CIE + UV	71,37	69,62	72,27	1,02
Valkoisuus CIE - UV	70,93	69,26	71,72	0,97
R457 UV:n kanssa	85,23	84,07	85,65	0,58
R457 ilman UV:tä	84,88	83,74	85,29	0,57
Fluoresenssi R457	0,34	-0,06	1,26	0,48
hallitseva aallonpituus	574,4	573,6	576,3	1,0
Ärsykepuhtaus	3,96	3,79	4,32	0,19
Sirontakerroin	35,34	30,41	43,45	5,46
Absorptiokerroin	0,17	0,14	0,20	0,03
Opasiteetti	84,11	81,23	87,63	2,62

25 min. jauhettu 75 % mäntysulfaatti ja 25 % eukalyptussulfaatti Minolta Spectrophometerillä mitattuna

Laadunvalvonta ilman UV:tä Valikko 1

Näytekoodi: MÄNTY 75%EUCA25% 45 6

Näytepiste/rulla: 6

Puoli (YP/AP):

Toimintokoodi:

	Keskiarvo	min	max	Std. Dev.
Arvo X D65	84,96	84,74	85,17	0,18
Arvo Y D65	89,84	89,61	90,07	0,20
Arvo Z D65	90,01	89,68	90,26	0,19
Arvo L* D65	95,93	95,83	96,02	0,08
Arvo a* D65	-0,42	-0,47	-0,36	0,04
Arvo b* D65	4,36	4,20	4,47	0,09
Valkoisuus CIE + UV	70,12	69,59	70,63	0,39
Valkoisuus CIE - UV	62,08	25,67	70,16	18,02
R457 UV:n kanssa	84,50	84,20	84,73	0,17
R457 ilman UV:tä	76,63	38,75	84,37	18,56
Fluoresenssi R457	7,87	0,28	45,72	18,52
hallitseva aallonpituus	574,2	574,1	574,4	0,1
Ärsykepuhtaus	4,05	3,90	4,16	0,10
Sirontakerroin	33,30	30,80	35,48	1,87
Absorptiokerroin	0,18	0,17	0,19	0,01
Opasiteetti	83,04	81,51	84,23	1,08

Aseta nippu

Mustaontelo

seuraava näyte

R% kuvaaja

Tulosta

ASCII Output

Tallenna

Tietokannasta

Peruuta

45 min. jauhettu 75 % mäntysulfaatti ja 25 % eukalyptussulfaatti Minolta Spectrophometerillä mitattu-
na

Laadunvalvonta ilman UV:tä Valikko 1

Näytekoodi: MÄNTY 75% EUCA 25% 6 6

Näytepiste/rulla: 6

Puoli (YP/AP):

Toimintokoodi:

	Keskiarvo	min	max	Std. Dev.
Arvo X D65	84,74	84,60	84,84	0,11
Arvo Y D65	89,60	89,45	89,73	0,13
Arvo Z D65	89,31	88,97	89,55	0,21
Arvo L* D65	95,83	95,77	95,88	0,06
Arvo a* D65	-0,39	-0,48	-0,09	0,15
Arvo b* D65	4,68	4,59	4,81	0,08
Valkoisuus CIE + UV	68,45	67,70	68,97	0,43
Valkoisuus CIE - UV	68,07	67,36	68,44	0,40
R457 UV:n kanssa	83,86	83,50	84,08	0,21
R457 ilman UV:tä	83,52	83,18	83,72	0,20
Fluoresenssi R457	0,34	0,15	0,65	0,17
hallitseva aallonpituus	574,4	574,1	575,3	0,5
Ärsykepuhtaus	4,40	4,29	4,60	0,12
Sirontakerroin	31,94	27,95	37,11	3,41
Absorptiokerroin	0,18	0,16	0,21	0,02
Opasiteetti	82,18	79,43	85,01	2,08

Aseta nippu

Mustaontelo

seuraava näyte

R% kuvaaja

Tulosta

ASCII Output

Tallenna

Tietokannasta

Peruuta

65 min. jauhettu 75% mäntysulfaatti ja 25 % eukalyptussulfaatti Minolta Spectrophometerillä mitattu-
na

Laadunvalvonta ilman UV:tä Valikko 1

Näytekoodi: MÄNTY 50 EUCA 50% 5

Näytepiste/rulla:

Puoli (YP/AP):

Toimintokoodi:

6

6

	Keskiarvo	min	max	Std. Dev.
Arvo X D65	85,75	85,05	86,17	0,40
Arvo Y D65	90,64	89,87	91,10	0,44
Arvo Z D65	91,47	91,24	91,60	0,14
Arvo L* D65	96,26	95,94	96,45	0,18
Arvo a* D65	-0,35	-0,42	-0,20	0,09
Arvo b* D65	3,92	3,35	4,19	0,31
Valkoisuus CIE + UV	72,99	72,22	74,75	0,95
Valkoisuus CIE - UV	72,57	71,69	74,31	0,95
R457 UV:n kanssa	85,81	85,58	85,94	0,13
R457 ilman UV:tä	85,47	85,26	85,61	0,13
Fluoresenssi R457	0,34	0,28	0,57	0,11
hallitseva aallonpituus	574,4	574,1	575,0	0,3
Ärsykepuhtaus	3,66	3,15	3,86	0,27
Sirontakerroin	40,79	35,52	45,53	3,79
Absorptiokerroin	0,19	0,16	0,21	0,02
Opasiteetti	86,16	83,71	87,94	1,61

Aseta nippu

Mustaontelo

seuraava näyte

R% kuvaaja

Tulosta

ASCII Output

Tallenna

Tietokannasta

Peruuta

5 min. jauhettu 50 % eukalyptussulfaatti ja 50 % mäntysulfaatti Minolta Spectrophometerillä mitattuna

Laadunvalvonta ilman UV:tä Valikko 1

Näytekoodi: MÄNTY 50 EUCA 50% 25

Näytepiste/rulla:

Puoli (YP/AP):

Toimintokoodi:

6

6

	Keskiarvo	min	max	Std. Dev.
Arvo X D65	85,20	84,89	85,39	0,19
Arvo Y D65	90,05	89,69	90,27	0,22
Arvo Z D65	89,93	89,55	90,27	0,30
Arvo L* D65	96,02	95,87	96,11	0,09
Arvo a* D65	-0,33	-0,37	-0,27	0,04
Arvo b* D65	4,57	4,49	4,71	0,08
Valkoisuus CIE + UV	69,44	68,63	70,03	0,53
Valkoisuus CIE - UV	69,02	68,26	69,54	0,50
R457 UV:n kanssa	84,41	84,04	84,71	0,28
R457 ilman UV:tä	84,06	83,68	84,34	0,28
Fluoresenssi R457	0,35	0,06	0,66	0,24
hallitseva aallonpituus	574,6	574,4	574,8	0,2
Ärsykepuhtaus	4,34	4,22	4,51	0,11
Sirontakerroin	48,04	44,60	51,83	2,34
Absorptiokerroin	0,25	0,23	0,27	0,01
Opasiteetti	85,46	84,13	86,76	0,85

Aseta nippu

Mustaontelo

seuraava näyte

R% kuvaaja

Tulosta

ASCII Output

Tallenna

Tietokannasta

Peruuta

25 min. jauhettu 50 % eukalyptussulfaatti ja 50% mäntysulfaatti Minolta Spectrophometerillä mitattuna

Laadunvalvonta ilman UV:tä Valikko 1

Näytekoodi: MÄNTY 50 EUCA 50% 45 6

Näytepiste/rulla: 6

Puoli (YP/AP):

Toimintokoodi:

	Keskiarvo	min	max	Std. Dev.
Arvo X D65	84,34	84,04	84,70	0,26
Arvo Y D65	89,13	88,80	89,53	0,30
Arvo Z D65	89,07	88,66	89,43	0,29
Arvo L* D65	95,64	95,50	95,80	0,12
Arvo a* D65	-0,33	-0,36	-0,27	0,04
Arvo b* D65	4,51	4,43	4,60	0,07
Valkoisuus CIE + UV	68,70	68,10	68,99	0,37
Valkoisuus CIE - UV	68,26	67,71	68,55	0,35
R457 UV:n kanssa	83,62	83,22	83,95	0,27
R457 ilman UV:tä	83,26	82,89	83,61	0,26
Fluoresenssi R457	0,35	0,21	0,76	0,23
hallitseva aallonpituus	574,7	574,5	574,9	0,2
Ärsykepuhtaus	4,31	4,22	4,39	0,06
Sirontakerroin	43,54	38,31	47,01	3,28
Absorptiokerroin	0,27	0,24	0,29	0,02
Opasiteetti	84,57	82,11	85,96	1,44

Aseta nippu

Mustaontelo

seuraava näyte

R% kuvaaja

Tulosta

ASCII Output

Tallenna

Tietokannasta

Peruuta

45 min. jauhettu 50 % eukalyptussulfaatti ja 50 % mäntysulfaatti Minolta Spectrophometerillä mitattuna

Laadunvalvonta ilman UV:tä Valikko 1

Näytekoodi: MÄNTY 50 EUCA 50 % 6 6

Näytepiste/rulla: 6

Puoli (YP/AP):

Toimintokoodi:

	Keskiarvo	min	max	Std. Dev.
Arvo X D65	83,79	83,49	84,17	0,24
Arvo Y D65	88,49	88,09	88,93	0,30
Arvo Z D65	87,55	86,59	88,17	0,58
Arvo L* D65	95,37	95,20	95,55	0,13
Arvo a* D65	-0,21	-0,34	-0,06	0,11
Arvo b* D65	5,13	4,80	5,64	0,29
Valkoisuus CIE + UV	65,24	62,66	66,87	1,44
Valkoisuus CIE - UV	64,83	62,28	66,34	1,39
R457 UV:n kanssa	82,22	81,39	82,78	0,52
R457 ilman UV:tä	81,88	81,05	82,42	0,52
Fluoresenssi R457	0,33	-0,35	0,69	0,43
hallitseva aallonpituus	575,0	574,6	575,4	0,3
Ärsykepuhtaus	5,02	4,62	5,36	0,27
Sirontakerroin	33,15	30,72	38,29	2,76
Absorptiokerroin	0,23	0,21	0,27	0,02
Opasiteetti	83,22	81,69	85,91	1,54

Aseta nippu

Mustaontelo

seuraava näyte

R% kuvaaja

Tulosta

ASCII Output

Tallenna

Tietokannasta

Peruuta

65 min. jauhettu 50% eukalyptussulfaatti ja 50 % mäntysulfaatti Minolta Spectrophometerillä mitattuna

Laadunvalvonta ilman UV:tä Valikko 1

Näytekoodi: EUCA100% 5MIN 6

Näytepiste/rulla: 6

Puoli (YP/AP):

Toimintokoodi:

	Keskiarvo	min	max	Std. Dev.
Arvo X D65	86,14	85,98	86,32	0,14
Arvo Y D65	90,98	90,78	91,15	0,15
Arvo Z D65	90,57	90,34	90,76	0,17
Arvo L* D65	96,40	96,32	96,47	0,06
Arvo a* D65	-0,21	-0,29	-0,18	0,04
Arvo b* D65	4,78	4,58	4,99	0,14
Valkoisuus CIE + UV	69,48	68,62	70,29	0,57
Valkoisuus CIE - UV	69,05	68,18	69,94	0,59
R457 UV:n kanssa	84,99	84,79	85,15	0,15
R457 ilman UV:tä	84,64	84,44	84,83	0,16
Fluoresenssi R457	0,36	0,17	0,52	0,14
hallitseva aallonpituus	575,0	574,7	575,1	0,1
Ärsykepuhtaus	4,64	4,28	4,78	0,22
Sirontakerroin	53,59	49,74	63,25	4,92
Absorptiokerroin	0,22	0,21	0,26	0,02
Opasiteetti	90,73	89,72	92,75	1,09

Aseta nippu

Mustaontelo

seuraava näyte

R% kuvaaja

Tulosta

ASCII Output

Tallenna

Tietokannasta

Peruuta

5 min. jauhettu 100 % eukalyptussulfaatti Minolta Spectrophometerillä mitattuna

Laadunvalvonta ilman UV:tä Valikko 1

Näytekoodi: EUCA100% 25MIN 6

Näytepiste/rulla: 6

Puoli (YP/AP):

Toimintokoodi:

	Keskiarvo	min	max	Std. Dev.
Arvo X D65	85,44	85,08	85,82	0,33
Arvo Y D65	90,23	89,77	90,68	0,35
Arvo Z D65	89,74	89,41	90,01	0,21
Arvo L* D65	96,09	95,90	96,28	0,14
Arvo a* D65	-0,20	-0,31	-0,03	0,12
Arvo b* D65	4,83	4,54	5,06	0,20
Valkoisuus CIE + UV	68,46	67,90	69,61	0,63
Valkoisuus CIE - UV	68,00	67,40	69,11	0,61
R457 UV:n kanssa	84,23	83,91	84,47	0,20
R457 ilman UV:tä	83,87	83,56	84,11	0,19
Fluoresenssi R457	0,36	0,18	0,64	0,16
hallitseva aallonpituus	575,0	574,7	575,5	0,4
Ärsykepuhtaus	4,52	4,38	4,87	0,23
Sirontakerroin	48,07	44,94	56,56	4,17
Absorptiokerroin	0,24	0,22	0,28	0,02
Opasiteetti	90,02	89,05	92,14	1,09

Aseta nippu

Mustaontelo

seuraava näyte

R% kuvaaja

Tulosta

ASCII Output

Tallenna

Tietokannasta

Peruuta

25 min. jauhettu 100 % eukalyptussulfaatti Minolta Spectrophometerillä mitattuna

Laadunvalvonta ilman UV:tä Valikko 1

Näytekoodi: EUCA100%45MIN 5

Näytepiste/rulla: 5

Puoli (YP/AP):

Toimintokoodi:

	Keskiarvo	min	max	Std. Dev.
Arvo X D65	84,30	82,26	85,21	1,17
Arvo Y D65	89,16	86,98	90,10	1,25
Arvo Z D65	88,91	86,91	89,67	1,14
Arvo L* D65	95,65	94,73	96,04	0,52
Arvo a* D65	-0,44	-0,56	-0,36	0,08
Arvo b* D65	4,64	4,48	4,82	0,15
Valkoisuus CIE + UV	68,13	66,51	69,03	0,99
Valkoisuus CIE - UV	67,65	66,29	68,56	0,88
R457 UV:n kanssa	83,47	81,58	84,19	1,07
R457 ilman UV:tä	83,10	81,25	83,82	1,05
Fluoresenssi R457	0,37	0,17	2,22	0,93
hallitseva aallonpituus	574,2	573,7	574,6	0,3
Ärsykepuhtaus	4,33	4,20	4,57	0,16
Sirontakerroin	43,49	34,80	47,71	5,34
Absorptiokerroin	0,27	0,22	0,30	0,03
Opasiteetti	88,68	84,92	90,06	2,14

Aseta nippu
Mustaontelo
seuraava näyte
R% kuvaaja
Tulosta
ASCII Output
Tallenna
Tietokannasta
Peruuta

45 min. jauhettu 100 % eukalyptussulfaatti Minolta Spectrophometerillä mitattuna

Laadunvalvonta ilman UV:tä Valikko 1

Näytekoodi: 100%EUCA 65MIN 6

Näytepiste/rulla: 6

Puoli (YP/AP):

Toimintokoodi:

	Keskiarvo	min	max	Std. Dev.
Arvo X D65	84,56	84,28	84,76	0,21
Arvo Y D65	89,38	89,11	89,60	0,21
Arvo Z D65	88,90	88,62	89,35	0,26
Arvo L* D65	95,74	95,63	95,83	0,09
Arvo a* D65	-0,35	-0,39	-0,27	0,04
Arvo b* D65	4,81	4,64	5,06	0,15
Valkoisuus CIE + UV	67,62	66,75	68,60	0,65
Valkoisuus CIE - UV	67,17	66,30	68,03	0,63
R457 UV:n kanssa	83,47	83,22	83,88	0,23
R457 ilman UV:tä	83,11	82,84	83,47	0,21
Fluoresenssi R457	0,36	0,08	0,64	0,19
hallitseva aallonpituus	574,6	574,5	574,8	0,1
Ärsykepuhtaus	4,58	4,42	4,82	0,15
Sirontakerroin	38,44	31,28	41,64	3,83
Absorptiokerroin	0,23	0,18	0,25	0,02
Opasiteetti	86,68	82,94	88,00	1,89

Aseta nippu
Mustaontelo
seuraava näyte
R% kuvaaja
Tulosta
ASCII Output
Tallenna
Tietokannasta
Peruuta

65 min. jauhettu 100 % eukalyptussulfaatti Minolta Spectrophometerillä mitattuna

Laadunvalvonta ilman UV:tä Valikko 1

Näytekoodi: EUCA75%MÄNTY25%5MIN 6

Näytepiste/rulla: 6

Puoli (YP/AP):

Toimintokoodi:

	Keskiarvo	min	max	Std. Dev.
Arvo X D65	86,25	86,04	86,56	0,22
Arvo Y D65	91,18	90,95	91,52	0,23
Arvo Z D65	91,64	91,43	91,74	0,12
Arvo L* D65	96,49	96,39	96,62	0,09
Arvo a* D65	-0,38	-0,41	-0,35	0,02
Arvo b* D65	4,18	4,05	4,35	0,11
Valkoisuus CIE + UV	72,37	71,98	72,82	0,31
Valkoisuus CIE - UV	71,91	71,57	72,34	0,29
R457 UV:n kanssa	86,00	85,79	86,10	0,11
R457 ilman UV:tä	85,64	85,46	85,74	0,11
Fluoresenssi R457	0,36	0,23	0,47	0,09
hallitseva aallonpituus	574,4	574,3	574,5	0,1
Ärsykepuhtaus	3,90	3,75	4,04	0,11
Sirontakerroin	47,13	44,70	52,92	3,03
Absorptiokerroin	0,19	0,18	0,21	0,01
Opasiteetti	88,55	87,75	90,19	0,90

Aseta nippu

Mustaontelo

seuraava näyte

R% kuvaaja

Tulosta

ASCII Output

Tallenna

Tietokannasta

Peruuta

5 min. jauhettu eukalyptussulfaatti 75 % ja 25 % mäntysulfaatti Minolta Spectrophometerillä mitattuna

Laadunvalvonta ilman UV:tä Valikko 1

Näytekoodi: EUCA75%MÄNTY25%25MI 6

Näytepiste/rulla: 6

Puoli (YP/AP):

Toimintokoodi:

	Keskiarvo	min	max	Std. Dev.
Arvo X D65	85,62	85,43	85,87	0,19
Arvo Y D65	90,48	90,26	90,73	0,21
Arvo Z D65	90,62	90,44	90,78	0,16
Arvo L* D65	96,20	96,11	96,30	0,09
Arvo a* D65	-0,32	-0,37	-0,28	0,04
Arvo b* D65	4,39	4,27	4,46	0,07
Valkoisuus CIE + UV	70,68	70,42	71,02	0,23
Valkoisuus CIE - UV	70,24	69,98	70,50	0,20
R457 UV:n kanssa	85,06	84,88	85,21	0,15
R457 ilman UV:tä	84,69	84,51	84,85	0,16
Fluoresenssi R457	0,36	0,22	0,55	0,13
hallitseva aallonpituus	574,7	574,5	574,9	0,1
Ärsykepuhtaus	4,18	4,09	4,26	0,05
Sirontakerroin	41,66	37,47	47,12	3,64
Absorptiokerroin	0,20	0,18	0,22	0,02
Opasiteetti	87,11	85,33	89,01	1,40

Aseta nippu

Mustaontelo

seuraava näyte

R% kuvaaja

Tulosta

ASCII Output

Tallenna

Tietokannasta

Peruuta

25 min. jauhettu 75 % eukalyptussulfaatti ja 25 % mäntysulfaatti Minolta Spectrophometerillä mitattuna

Laadunvalvonta ilman UV:tä Valikko 1

Näytekoodi: EUCA25%MÄ25% 45MIN 6

Näytepiste/rulla: 6

Puoli (YP/AP):

Toimintokoodi:

	Keskiarvo	min	max	Std. Dev.
Arvo X D65	84,94	84,67	85,26	0,19
Arvo Y D65	89,79	89,53	90,14	0,21
Arvo Z D65	89,68	89,38	90,05	0,23
Arvo L* D65	95,91	95,80	96,06	0,09
Arvo a* D65	-0,35	-0,41	-0,23	0,07
Arvo b* D65	4,55	4,49	4,67	0,07
Valkoisuus CIE + UV	69,21	68,75	69,61	0,37
Valkoisuus CIE - UV	68,80	68,34	69,15	0,32
R457 UV:n kanssa	84,18	83,90	84,53	0,21
R457 ilman UV:tä	83,84	83,57	84,15	0,19
Fluoresenssi R457	0,35	0,15	0,62	0,16
hallitseva aallonpituus	574,5	574,3	574,9	0,2
Ärsykepuhtaus	4,31	4,21	4,46	0,08
Sirontakerroin	39,53	37,40	42,88	1,94
Absorptiokerroin	0,22	0,20	0,23	0,01
Opasiteetti	85,81	84,83	87,18	0,83

Aseta nippu
Mustaontelo
seuraava näyte
R% kuvaaja
Tulosta
ASCII Output
Tallenna
Tietokannasta
Peruuta

45min. jauhettu 75 % eukalyptussulfaatti ja 25 % mäntysulfaatti Minolta Spectrophometerillä mitattu-
na

Laadunvalvonta ilman UV:tä Valikko 1

Näytekoodi: EUCA75%MÄNTY25% 5

Näytepiste/rulla: 5

Puoli (YP/AP):

Toimintokoodi:

	Keskiarvo	min	max	Std. Dev.
Arvo X D65	83,60	83,10	84,20	0,48
Arvo Y D65	88,34	87,60	89,05	0,60
Arvo Z D65	88,26	87,26	88,86	0,76
Arvo L* D65	95,30	94,99	95,60	0,25
Arvo a* D65	-0,31	-0,48	0,09	0,23
Arvo b* D65	4,51	4,32	4,68	0,16
Valkoisuus CIE + UV	67,84	66,30	69,04	1,19
Valkoisuus CIE - UV	67,43	65,94	68,58	1,14
R457 UV:n kanssa	82,85	81,87	83,44	0,73
R457 ilman UV:tä	82,50	81,51	83,10	0,73
Fluoresenssi R457	0,36	-0,25	1,20	0,63
hallitseva aallonpituus	574,6	574,0	575,8	0,7
Ärsykepuhtaus	4,32	3,98	4,65	0,26
Sirontakerroin	36,92	35,74	39,09	1,50
Absorptiokerroin	0,27	0,26	0,28	0,01
Opasiteetti	86,16	85,58	87,15	0,70

Aseta nippu
Mustaontelo
seuraava näyte
R% kuvaaja
Tulosta
ASCII Output
Tallenna
Tietokannasta
Peruuta

65 min. jauhettu 25 % eukalyptussulfaatti ja 25 % mäntysulfaatti Minolta Spectrophometerillä mitattu-
na

Näyte: Mänty 50 % Eukalyptus 50% 5min

Suure	mittaus	1	2	3	4	5	6	x
Neliömassa	g/m2	89	93	108	97	74	100	94
Paksuus	um	253	208	228	280	248	247	244
Tiheys	kg/dm3	35	45	47	35	30	40	39
Bulkki	dm3/g	0,029	0,022	0,021	0,029	0,033	0,025	0,0265
Vaaleus	%	72,57	72,57	72,57	72,57	72,57	72,57	72,57
Sileys,PPS	0,5Mpa	12,89	12,63	12,21	12,03	12,21	12,62	12,43
	1,0Mpa	10,73	10,69	10,7	11,22	10,98	10,9	10,87
	2,0Mpa	8,91	8,72	8,96	8,2	8,93	8,88	8,77
Sileys,Bendtsen	ml/min	3104	2850	2727	2464	2389	3188	2787
Ilmanläpäisevyys	ml/min	3584	3584	3584	3584	3584	3584	3584
Vetolujuus	kN/m	3,77	2,93	3,51	2,98	3,02	3,56	3,29
Venymä	%	2,48	1,62	1,5	1,7	2,13	2,2	1,94
TEA		64,84	32,69	34,07	44,7	54,84	34,94	44,35
Repäisylujuus	mN	257	238	257	263	234	234	247,17
Repäisyindeksi	mNm2/g	2,4	2,6	2,4	2,7	3,2	2,3	2,6
Tuhka %		0	0	0	0	0	0	0
Kosteus %		6	6	6	6	6	6	6

Näyte: Mänty 50 % Eukalyptus 50 % 25 min

Suure	mittaus	1	2	3	4	5	6	x
Neliömassa	g/m2	74	74	71	78	78	74	74,83
Paksuus	um	222	235	218	231	245	234	230,83
Tiheys	kg/dm3	33	31	33	34	32	32	32,50
Bulkki	dm3/g	0,03	0,032	0,029	0,029	0,031	0,0313	0,03
Kiilto	%	3,9	3,9	3,9	3,9	3,7	3,9	3,87
Sileys,PPS	0,5Mpa	12,9	12,8	12,54	12,54	13,04	12,333	12,69
	1,0Mpa	10,59	10,89	11,63	11,63	11,27	10,94	11,16
	2,0Mpa	8,98	9,73	9,21	9,21	9,03	9,51	9,28
Sileys,Bendtsen	ml/min	2548	3536	2836	2836	3015	3142	2985,50
Ilmanläpäisevyys	ml/min	3331	3169	3522	3522	3574	3409	3421,17
Vetolujuus	kN/m	6,488	8,457	7,896	7,578	7,611	7,326	7,56
Venymä	%	2,4	3,03	2,98	3,45	3,53	3,52	3,15
TEA		107,7	175,1	159,4	176,3	182	177	162,92
Repäisylujuus	mN	386	427	401	437	396	374	403,50
Repäisyindeksi	mNm2/g	5,2162162 2	5,77	5,64788 7	5,60256 4	5,07692 3	5,054054	5,39
Tuhka %		0	0	0	0	0	0	0
Kosteus %		6	6	6	6	6	6	6

Näyte: Mänty 50 % Eukalyptus 50 % 45 min

Suure	mittaus	1	2	3	4	5	6	x
Neliömassa	g/m2	89	86	78	63	63	71	75
Paksuus	um	213	193	182	204	207	215	202,33
Tiheys	kg/dm3	42	45	43	35	30	33	38,00
Bulkki	dm3/g	0,024	0,022	0,023	0,029	0,033	0,03	0,03
Kiilto	%	3,5	3,8	3,6	3,3	3,7	3,6	3,58
Sileys,PPS	0,5Mpa	12,71	12,28	12,31	13,01	12,9	13,34	12,76
	1,0Mpa	10,93	10,96	12,04	10,81	11,45	10,18	11,06
	2,0Mpa	8,86	9,81	8,66	9,42	9,36	9,16	9,21
Sileys,Bendtsen	ml/min	2878	2391	2874	2839	2367	2879	2704,67
Ilmanläpäisevyys	ml/min	1683	1479	2249	1644	1657	1617	1721,50
Vetolujuus	kN/m	9,402	8,856	8,799	8,49	9,727	7,603	8,81
Venymä	%	3,76	3,6	3,93	3,45	3,23	3,88	3,64
TEA		238,1	214,8	232,5	191,7	212,8	193,5	213,90
Repäisylujuus	mN	411	409	431	382	399	394	404,33
Repäisyindeksi	mNm2/g	4,62	4,76	5,53	6,06	6,33	5,55	5,47
Tuhka %		0	0	0	0	0	0	0
Kosteus %		6	6	6	6	6	6	6

Näyte: Mänty 50 % Eukalyptus 50 % 65 min

Suure	mittaus	1	2	3	4	5	6	x
Neliömassa	g/m2	89	104	93	86	89	86	91,17
Paksuus	um	192	175	166	174	170	177	175,67
Tiheys	kg/dm3	46	59	56	49	52	49	51,83
Bulkki	dm3/g	0,022	0,017	1,018	0,02	0,019	0,02	0,19
Kiilto	%	3,9	3,9	3,8	4,3	3,9	3,7	3,92
Sileys,PPS	0,5Mpa	13,79	12,75	12,21	12,52	13,29	11,94	12,75
	1,0Mpa	10,14	10,66	11,84	11,26	11,43	12,53	11,31
	2,0Mpa	10,91	elo.95	8,83	9,11	10,16	9,75	5826,79
Sileys,Bendtsen	ml/min	2639	2278	2070	2237	1952	1726	2150,33
Ilmanläpäisevyys	ml/min	496	385	548	411	343	304	414,50
Vetolujuus	kN/m	8,034	9,076	10,56	8,759	9,752	10,79	9,50
Venymä	%	2,63	3,34	3,43	2,41	2,65	3,42	2,98
TEA		148	208	247,8	146,6	182,8	252,8	197,67
Repäisylujuus	mN	470	478	715	643	533	522	560,17
Repäisyindeksi	mNm2/g	5,28	4,60	7,69	7,48	5,99	6,07	6,18
Tuhka %		0	0	0	0	0	0	0
Kosteus %		6	6	6	6	6	6	6

Näyte:Eukalyptus 75 % Mänty 25 % 5 min

Suure	mittaus	1	2	3	4	5	6	x
Neliömassa	g/m2	89	112	97	93	93	100	97,33
Paksuus	um	311	303	288	367	306	371	324,33
Tiheys	kg/dm3	29	37	34	25	30	27	30,33
Bulkki	dm3/g	0,034	0,027	0,029	0,04	0,033	0,037	0,03
Kiilto	%	3,5	3,6	3,6	3,2	3,4	3,3	3,43
Sileys,PPS	0,5Mpa	12,7	12,87	13,46	13,46	12,83	12,61	12,99
	1,0Mpa	10,69	10,77	10,81	10,71	11,06	11,53	10,93
	2,0Mpa	9,2	9,11	8,79	8,99	8,66	8,73	8,91
Sileys,Bendtsen	ml/min	2865	3584	3112	3566	3582	3581	3381,67
Ilmanlä- päisevyys	ml/min	3584	3584	3584	3584	3584	3584	3584,00
Vetolujuus		2,507	2,833	1,872	2,426	2,011	2,002	2,28
Venymä		1,32	1,93	1,07	1,74	0,93	1,07	1,34
TEA		21,05	37,48	12,79	28,05	11,49	13,38	20,71
Repäisylujuus		195	199	197	184	176	195	191
Repäisyindeksi		2,19	1,78	2,03	1,98	1,89	1,95	1,97
Tuhka %		0	0	0	0	0	0	0
Kosteus %		6	6	6	6	6	6	6

Näyte: Eukalyptus 75 % Mänty 25 % 25 min

Suure	mittaus	1	2	3	4	5	6	x
Neliömassa	g/m2	89	97	108	89	100	97	96,67
Paksuus	um	247	275	249	274	242	252	256,50
Tiheys	kg/dm3	36	35	43	32	41	38	37,50
Bulkki	dm3/g	0,028	0,029	0,023	0,031	0,024	0,026	0,03
Kiilto	%	3,6	3,6	3,4	3,4	3,3	3,5	3,47
Sileys,PPS	0,5Mpa	13,52	13,48	13,57	13,53	13,52	13,21	13,47
	1,0Mpa	11,3	11,77	12,01	11,71	11,34	11,45	11,60
	2,0Mpa	9,39	8,95	9,18	9,19	9,31	9,25	9,21
Sileys,Bendtsen	ml/min	3170	2794	2923	2572	2373	3311	2857,17
Ilmanlä- päisevyys	ml/min	3584	3584	3584	3584	3584	3584	3584,00
Vetolujuus	kN/m	4,217	4,591	5,543	2,059	5,942	5,942	4,72
Venymä	%	2,42	2,74	2,48	1,08	2,85	3	2,43
TEA		68,55	85,49	90,48	15,23	108,5	121,5	81,63
Repäisylujuus	mN	469	388	394	425	421	366	410,50
Repäisyindeksi	mNm2/g	5,27	4,00	3,65	4,78	4,21	3,77	4,28
Tuhka %		0	0	0	0	0	0	0
Kosteus %		6	6	6	6	6	6	6

Näyte:Eukalyptus 75 % Mänty 25 % 45 min

Suure	mittaus	1	2	3	4	5	6	x
Neliömassa	g/m2	93	89	93	97	93	89	92,33
Paksuus	um	224	216	210	224	228	227	221,50
Tiheys	kg/dm3	42	41	44	43	41	39	41,67
Bulkki	dm3/g	0,024	0,024	0,023	0,023	0,024	0,026	0,02
Kiilto	%	3,6	3,7	3,8	3,7	3,7	3,3	3,63
Sileys,PPS	0,5Mpa	12,88	11,69	13,32	12,04	13,13	13,7	12,79
	1,0Mpa	13,02	11,36	11,04	11,25	11,04	11,81	11,59
	2,0Mpa	9,98	9,21	9,67	10,23	9,75	10,77	9,94
Sileys,Bendtsen	ml/min	2058	2470	2686	3031	2934	3240	2736,50
Ilmanläpäisevyys	ml/min	1817	1859	2215	1743	2704	1871	2034,83
Vetolujuus	kN/m	7,041	4,941	7,147	8,002	7,668	8,026	7,14
Venymä	%	2,67	2,81	3,4	3,31	3,02	1,29	2,75
TEA		127,8	40,21	138,1	170,7	174,1	167,2	136,35
Repäisylujuus	mN	417	386	390	378	392	380	390,50
Repäisyindeksi	mNm2/g	4,48	4,34	4,19	3,90	4,22	4,27	4,23
Tuhka %		0	0	0	0	0	0	0
Kosteus %		6	6	6	6	6	6	6

Näyte: Eukalyptus 75 % Mänty 25 % 65 min

Suure	mittaus	1	2	3	4	5	6	x
Neliömassa	g/m2	100	100	93	93	89	89	94
Paksuus	um	227	181	169	198	195	194	194
Tiheys	kg/dm3	44	55	55	47	46	47	49
Bulkki	dm3/g	0,023	0,018	0,018	0,021	0,022	0,021	0,02
Kiilto	%	3,7	35	4,1	3,6	3,7	3,8	8,98
Sileys,PPS	0,5Mpa	12,97	13	12,69	12,57	13,11	12,42	12,79
	1,0Mpa	12,28	11,68	11,83	13,04	12,39	12,13	12,23
	2,0Mpa	10,42	11,19	9,54	9,5	10,34	11,5	10,42
Sileys,Bendtsen	ml/min	2704	3584	2419	3527	2442	2549	2870,83
Ilmanläpäisevyys	ml/min	493	430	461	421	524	458	464,50
Vetolujuus	kN/m	8,449	10,8	9,54	8,482	10,05	9,003	9,39
Venymä	%	2,66	3,2	2,97	3,8	3,24	3,39	3,21
TEA		157,1	239,7	250,1	175	227,9	215,8	210,93
Repäisylujuus	mN	403	476	429	425	388	376	416,17
Repäisyindeksi	mNm2/g	4,03	4,76	4,61	4,57	4,36	4,22	4,43
Tuhka %		0	0	0	0	0	0	0
Kosteus %		6	6	6	6	6	6	6

Näyte: Mänty 75 % Eukalyptus 25 % 5 min

Suure	mittaus	1	2	3	4	5	6	x
Neliömassa	g/m2	78	71	115	97	100	78	89,83
Paksuus	um	244	215	383	305	327	248	287,00
Tiheys	kg/dm3	32	33	30	32	31	31	31,50
Bulkki	dm3/g	0,031	0,03	0,033	0,031	0,032	0,032	0,03
Kiilto	%	4	4	3,8	3,1	3,8	3,7	3,73
Sileys,PPS	0,5Mpa	12,99	13,18	13,29	13,34	12,5	12,63	12,99
	1,0Mpa	10,35	10,75	11,54	11,12	11,34	10,93	11,01
	2,0Mpa	9,06	9,1	8,84	8,97	8,34	8,98	8,88
Sileys,Bendtsen	ml/min	2770	2757	3556	3577	3287	2908	3142,50
Ilmanläpäisevyys	ml/min	3584	3584	3584	3584	3584	3584	3584,00
Vetolujuus	kN/m	3,232	3,158	3,411	2,922	2,727	2,515	2,99
Venymä	%	2,02	1,99	2,38	2,32	2,11	2,12	2,16
TEA		43,62	42,54	57,51	47,4	40,04	36,46	44,60
Repäisylujuus	mN	257	238	302	261	331	215	267,33
Repäisyindeksi	mNm2/g	3,29	3,35	2,63	2,69	3,31	2,76	3,01
Tuhka %		0	0	0	0	0	0	0
Kosteus %		6	6	6	6	6	6	6

Näyte: Mänty 75 % Eukalyptus 25 % 25min

Suure	mittaus	1	2	3	4	5	6	x
Neliömassa	g/m2	108	119	93	86	89	82	96,17
Paksuus	um	221	241	313	244	218	275	252,00
Tiheys	kg/dm3	49	49	30	35	41	30	39,00
Bulkki	dm3/g	0,02	0,02	0,033	0,028	0,024	0,033	0,03
Kiilto	%	3,6	3,9	3,6	4	4	3,9	3,83
Sileys,PPS	0,5Mpa	13,32	13,09	12,35	12,58	13,13	13,52	13,00
	1,0Mpa	11,67	11,34	11,21	11,1	11,67	11,69	11,45
	2,0Mpa	9,59	9,23	9,33	9,23	9,55	9,6	9,42
Sileys,Bendtsen	ml/min	2585	2518	2583	2810	2452	3169	2686,17
Ilmanläpäisevyys	ml/min	3584	3584	3584	3584	3584	3584	3584,00
Vetolujuus	kN/m	5,771	5,315	7,416	8,767	6,349	6,04	6,61
Venymä	%	2,41	2,87	3,14	3,28	2,95	3,22	2,98
TEA		93,83	102,6	160	195	128,1	133,5	135,51
Repäisylujuus	mN	356	431	384	390	386	376	387,17
Repäisyindeksi	mNm2/g	3,30	3,62	4,13	4,53	4,34	4,59	4,08
Tuhka %		0	0	0	0	0	0	0
Kosteus %		6	6	6	6	6	6	6

Näyte: Mänty 75 % Eukalyptus 25 % 45 min

Suure	mittaus	1	2	3	4	5	6	x
Neliömassa	g/m2	97	89	93	97	100	89	94,17
Paksuus	um	188	200	225	212	218	196	206,50
Tiheys	kg/dm3	52	45	41	46	46	45	45,83
Bulkki	dm3/g	0,019	0,022	0,024	0,022	0,022	0,022	0,02
Kiilto	%	4,6	4,1	3,9	3,7	3,6	3,1	3,83
Sileys,PPS	0,5Mpa	12,35	12,19	14,33	12,66	13,29	13,54	13,06
	1,0Mpa	11,87	13	11,77	12,51	10,82	10,69	11,78
	2,0Mpa	9,15	9,34	10,66	9,79	10,94	9,61	9,92
Sileys,Bendtsen	ml/min	2940	3251	2686	3583	2191	2822	2912,17
Ilmanläpäisevyys	ml/min	2421	2337	1883	2313	2099	2468	2253,50
Vetolujuus	kN/m	8,742	9,605	7,041	7,196	8,466	9,882	8,49
Venymä	%	2,99	3,16	2,6	2,96	3,03	3,42	3,03
TEA		173,1	204,2	120,8	146,1	176,4	226,1	174,45
Repäisylujuus	mN	506	447	447	464	426	415	450,83
Repäisyindeksi	mNm2/g	5,22	5,02	4,81	4,78	4,26	4,66	4,79
Tuhka %		0	0	0	0	0	0	0
Kosteus %		6	6	6	6	6	6	6

Näyte: Mänty 75 % Eukalyptus 25 % 65 min

Suure	mittaus	1	2	3	4	5	6	x
Neliömassa	g/m2	82	100	97	82	108	86	92,50
Paksuus	um	180	227	198	192	187	173	192,83
Tiheys	kg/dm3	46	44	49	43	58	51	48,50
Bulkki	dm3/g	0,022	0,023	0,02	0,023	0,017	0,02	0,02
Kiilto	%	3,9	3,8	3,3	3,5	3,9	3,6	3,67
Sileys,PPS	0,5Mpa	13,34	13,55	13,12	13,26	13,27	12,04	13,10
	1,0Mpa	10,34	11,4	11,3	11,74	11,34	10,8	11,15
	2,0Mpa	9,27	9,82	9,71	9,64	9,39	9,25	9,51
Sileys,Bendtsen	ml/min	2629	2875	2395	2517	3234	2122	2628,67
Ilmanläpäisevyys	ml/min	1186	983	814	978	1003	1016	996,67
Vetolujuus	kN/m	8,637	12,32	9,288	9,727	7,961	7,684	9,27
Venymä	%	2,85	3,6	2,21	2,71	2	2,36	2,62
TEA		167,9	297,5	143,7	181,5	110,7	127,5	171,47
Repäisylujuus	mN	512	378	341	339	302	345	369,50
Repäisyindeksi	mNm2/g	6,24	3,78	3,52	4,13	2,80	4,01	4,08
Tuhka %		0	0	0	0	0	0	0
Kosteus %		6	6	6	6	6	6	6

Näyte: Eukalyptus 100 % 5 min

Suure	mittaus	1	2	3	4	5	6	x
Neliömassa	g/m2	89	93	115	97	100	97	98,50
Paksuus	um	401	345	358	318	354	325	350,17
Tiheys	kg/dm3	22	27	32	31	28	30	28,33
Bulkki	dm3/g	0,045	0,037	0,031	0,032	0,036	0,033	0,04
Kiilto	%	3,2	3,6	3,5	3,5	3,6	3,4	3,47
Sileys,PPS	0,5Mpa	13,41	12,81	12,96	12,82	13,44	12,59	13,01
	1,0Mpa	10,56	10,77	10,66	10,99	10,64	10,85	10,75
	2,0Mpa	8,68	8,8	8,92	8,76	8,79	8,8	8,79
Sileys,Bendtsen	ml/min	3450	3064	3523	3500	3577	3242	3392,67
Ilmanläpäisevyys	ml/min	3584	3584	3584	3584	3584	3584	3584,00
Vetolujuus	kN/m	2,141	1,978	2,027	1,262	1,612	1,986	1,83
Venymä	%	1,37	1,3	1,36	0,91	1,26	1,35	1,26
TEA		18,99	16,82	18,39	6,788	13,35	18,09	15,40
Repäisylujuus	mN	107	95	103	88	97	92	97,00
Repäisyindeksi	mNm2/g	1,20	1,02	0,90	0,91	0,97	0,95	0,99
Tuhka %		0	0	0	0	0	0	0
Kosteus %		6	6	6	6	6	6	6

Näyte: Eukalyptus 100 % 25 min

Suure	mittaus	1	2	3	4	5	6	x
Neliömassa	g/m2	97	97	104	115	100	93	101
Paksuus	um	310	334	307	301	336	282	311,67
Tiheys	kg/dm3	31	29	34	38	30	33	32,50
Bulkki	dm3/g	0,032	0,034	0,029	0,026	0,033	0,03	0,03
Kiilto	%	3,2	3,1	3,3	2,9	3	3,2	3,12
Sileys,PPS	0,5Mpa	15	13,48	14,06	13,29	12,91	19,36	14,68
	1,0Mpa	11,62	11,38	11,08	12,52	11,99	11,53	11,69
	2,0Mpa	9,72	9,56	9,63	9,43	8,99	9,36	9,45
Sileys,Bendtsen	ml/min	3583	3073	3584	3577	3578	3581	3496,00
Ilmanläpäisevyys	ml/min	3584	3584	3584	3584	3584	3584	3584,00
Vetolujuus	kN/m	4,379	3,215	4,233	3,818	3,541	3,053	3,71
Venymä	%	2,2	1,76	2,62	2,04	2,44	1,66	2,12
TEA		65,48	37,41	77,12	44,82	59,13	32,85	52,80
Repäisylujuus	mN	255	261	246	246	246	246	250,00
Repäisyindeksi	mNm2/g	2,63	2,69	2,37	2,14	2,46	2,65	2,49
Tuhka %		0	0	0	0	0	0	0
Kosteus %		6	6	6	6	6	6	6

Näyte: Eukalyptus 100 % 45 min

Suure	mittaus	1	2	3	4	5	6	x
Neliömassa	g/m2	93	93	97	100	100	100	97,17
Paksuus	um	247	282	240	248	297	297	268,50
Tiheys	kg/dm3	38	33	40	40	34	34	36,50
Bulkki	dm3/g	0,026	0,03	0,025	0,025	0,029	0,029	0,03
Kiilto	%	3,4	3,1	3,5	3	3,1	3,1	3,20
Sileys,PPS	0,5Mpa	13,62	12,48	13,76	13,58	12,76	12,19	13,07
	1,0Mpa	11,05	11,95	12,51	11,21	11,7	11,09	11,59
	2,0Mpa	9,82	9,25	9,98	9,75	8,9	8,88	9,43
Sileys,Bendtsen	ml/min	3285	3169	2880	2999	3404	3404	3190,17
Ilmanläpäisevyys	ml/min	3257	2688	2716	3584	3584	3584	3235,50
Vetolujuus	kN/m	4,363	5,804	5,438	5,34	5,495	5,307	5,29
Venymä	%	1,75	2,44	2,3	2,02	2,16	2	2,11
TEA		50,51	97,17	86,17	72,75	81,28	70,5	76,40
Repäisylujuus	mN	217	327	343	339	335	351	318,67
Repäisyindeksi	mNm2/g	2,33	3,52	3,54	3,39	3,35	3,51	3,27
Tuhka %		0	0	0	0	0	0	0
Kosteus %		6	6	6	6	6	6	6

Näyte: Eukalyptus 100 % 65 min

Suure	mittaus	1	2	3	4	5	6	x
Neliömassa	g/m2	100	97	97	100	97	97	98
Paksuus	um	218	221	223	238	221	267	231,33
Tiheys	kg/dm3	46	44	43	43	44	36	42,67
Bulkki	dm3/g	0,022	0,023	0,023	0,024	0,023	0,028	0,02
Kiilto	%	3,3	3,6	3,4	3,4	3,4	3,4	3,42
Sileys,PPS	0,5Mpa	13,25	13,88	13,84	14,49	12,79	13,98	13,71
	1,0Mpa	12,44	12,13	11,25	12,92	12,72	12,79	12,38
	2,0Mpa	10,05	11,16	10	10,6	10,71	9,82	10,39
Sileys,Bendtsen	ml/min	2426	2596	3215	3582	2849	3583	3041,83
Ilmanläpäisevyys	ml/min	1188	1050	1393	1027	967	1188	1135,50
Vetolujuus	kN/m	6,39	8,107	6,886	7,367	7,823	7,635	7,37
Venymä	%	2,12	2,85	2,45	2,55	2,63	3,27	2,65
TEA		92,7	164	116,2	130,3	145,3	177,6	137,68
Repäisylujuus	mN	362	314	433	362	290	343	350,67
Repäisyindeksi	mNm2/g	3,62	3,24	4,46	3,62	2,99	3,54	3,58
Tuhka %		0	0	0	0	0	0	0
Kosteus %		6	6	6	6	6	6	6

Näyte: Mänty 100 % 5 min

Suure	mittaus	1	2	3	4	5	6	x
Neliömassa	g/m2	96	89	89	133	63	107	96,17
Paksuus	um	300	389	323	212	460	300	330,67
Tiheys	kg/dm3	32	23	28	63	14	36	32,67
Bulkki	dm3/g	0,031	0,043	0,036	0,016	0,017	0,028	0,03
Kiilto	%	3,8	4	3,7	4,1	3,8	4,1	3,92
Sileys,PPS	0,5Mpa	13,43	14,67	13,02	13,4	13,56	13,51	13,60
	1,0Mpa	11,32	11,84	11,6	10,94	11,79	11,49	11,50
	2,0Mpa	9,44	9,32	8,8	9,34	9,94	9,09	9,32
Sileys,Bendtsen	ml/min	3420	3583	3583	3584	3551	3364	3514,17
Ilmanläpäisevyys	ml/min	3584	3584	3584	3584	3584	3584	3584,00
Vetolujuus	kN/m	2,833	3,915	2,597	3,59	4,037	3,476	3,41
Venymä	%	1,95	2,51	2,1	2,48	2,38	2,69	2,35
TEA		35,21	66,47	36,29	61	64,35	63,75	54,51
Repäisylujuus	mN	567	490	625	569	565	543	559,83
Repäisyindeksi	mNm2/g	5,91	5,51	7,02	4,28	8,97	5,07	6,13
Tuhka %		0	0	0	0	0	0	0
Kosteus %		6	6	6	6	6	6	6

Näyte: Mänty 100 % 25 min

Suure	mittaus	1	2	3	4	5	6	x
Neliömassa	g/m2	93	96	104	100	111	85	98,17
Paksuus	um	261	261	230	230	230	259	245,17
Tiheys	kg/dm3	35,6	36,8	45,2	35,7	39,6	32,8	37,62
Bulkki	dm3/g	0,028	0,027	0,022	0,028	0,025	0,03	0,03
Kiilto	%	4,3	4,1	4	4,4	4,2	3,6	4,10
Sileys,PPS	0,5Mpa	13,14	13	13	12,7	12,83	12,6	12,88
	1,0Mpa	11,19	11,37	11,75	11,39	11,23	11,13	11,34
	2,0Mpa	9,16	9,5	9,39	9,42	9,33	8,86	9,28
Sileys,Bendtsen	ml/min	3492	3397	3457	3211	3154	2833	3257,33
Ilmanläpäisevyys	ml/min	3584	3584	3584	3584	3584	3584	3584,00
Vetolujuus	kN/m	5,21	4,526	4,094	6,984	5,478	6,659	5,49
Venymä	%	2,34	1,84	1,98	2,91	2,66	3,21	2,49
TEA		80,87	54,64	54,93	140,4	98,49	146,1	95,91
Repäisylujuus	mN	617	619	390	429	496	401	492
Repäisyindeksi	mNm2/g	6,63	6,45	3,75	4,29	4,47	4,72	5,05
Tuhka %		0	0	0	0	0	0	0
Kosteus %		6	6	6	6	6	6	6

Näyte: Mänty 100 % 45 min

Suure	mittaus	1	2	3	4	5	6	x
Neliömassa	g/m ²	97	119	93	89	97	82	96,17
Paksuus	um	209	244	240	224	282	207	234,33
Tiheys	kg/dm ³	46,4	48,7	38,7	39,7	34,4	39,6	41,25
Bulkki	dm ³ /g	0,022	0,021	0,026	0,025	0,03	0,025	0,02
Kiilto	%	4,1	4,3	4,4	4	4	4,3	4,18
Sileys,PPS	0,5Mpa	13,17	12,53	13,94	12,96	13,3	13,18	13,18
	1,0Mpa	11,8	11,39	12,16	11,33	12,44	11,45	11,76
	2,0Mpa	9,85	10,27	9,6	9,35	9,75	9,41	9,71
Sileys,Bendtsen	ml/min	3582	3579	3579	3385	3193	3584	3483,67
Ilmanläpäisevyys	ml/min	2389	2389	2389	2389	2389	2389	2389
Vetolujuus	kN/m	7,546	7,985	7,066	9,54	9,158		8,26
Venymä	%	1,82	1,96	2,06	3,33	3,67		2,568
TEA		91,16	107,6	99,47	216,8	225,4		148,09
Repäisylujuus	mN	585	569	579	667	673		614,60
Repäisyindeksi	mNm ² /g	6,03	4,78	6,23	7,49	6,94		6,29
Tuhka %		0	0	0	0	0	0	0
Kosteus %		6	6	6	6	6	6	6

Näyte: Mänty 100 % 65 min

Suure	mittaus	1	2	3	4	5	6	x
Neliömassa	g/m ²	100	97	89	100	100		97,2
Paksuus	um	200	180	160	175	193		181,6
Tiheys	kg/dm ³	50	54	56	57	52		53,8
Bulkki	dm ³ /g	0,02	0,018	0,017	0,017	0,019		0,0182
Kiilto	%	3,5	3,6	3,9	3,4	3,8		3,64
Sileys,PPS	0,5Mpa	13,62	13,29	13,66	13,58	13,83		13,596
	1,0Mpa	12,41	12,5	12,53	11,75	12,66		12,37
	2,0Mpa	10,94	10,63	10,9	10,95	11,34		10,952
Sileys,Bendtsen	ml/min	2692	2908	2706	2442	3413		2832,2
Ilmanläpäisevyys	ml/min	1499	1499	1499	1499	1499	1499	1499
Vetolujuus	kN/m	12,48	10,03	9,85	8,441	12,47	10,48	10,63
Venymä	%	3,67	3,01	3,36	2,07	3,39	3,16	3,11
TEA		313,4	211	229,5	120,2	292	226,6	232,12
Repäisylujuus	mN	512	778	715	470	545	458	579,67
Repäisyindeksi	mNm ² /g	5,12	8,02	8,03	4,70	5,45	6,26	6,26
Tuhka %		0	0	0	0	0	0	0
Kosteus %		6	6	6	6	6	6	6

LÄHTEET

1. Ulla Häggblom- Ahnger, Pekka Komulainen. Paperin ja kartongin valmistus, Kemiallinen metsäteollisuus 2, Opetushallitus, Gummerus Jyväskylä 2006
2. Markku J. Seppälä, Ursula Klemetti; Paperimassan valmistus, Kemiallinen metsäteollisuus 1, Opetushallitus, Hakapaino Oy, Helsinki 1999
3. Kaija Isotalo; Puu- ja sellukemia, Opetushallitus, Kemissä 1996
4. Koulun opetusmateriaali
5. Knowpap, versio 3, Teknologian kehittämiskeskus (Tekes), VTT, TKK Paperitekniikan laboratorio, TKK Prosessien ohjauksen ja automaation laboratorio, Metso Oyj ja 12 muuta alan suomalaista firmaa
6. UPM:n kotisivut/<http://www.upm.com>
7. <http://www.smy.fi/>
8. <http://www.metsakeskus.fi>
9. Pertti Aaltonen: Kuituraaka-aineen ja paperin testausmenetelmiä. Otatieto 492. Hki 1991
10. KnowPulp, versio 2.4, Sellutekniikan ja automaation oppimisympäristö, VTT Tuotteet ja tuotanto v. 2010
11. Liitteet: Mittaustulokset
12. Metsäekonomisti Matleena Kniivilä, Suomen kemiallisen paperi- ja massateollisuuden nykytilanne ja tulevaisuuden näkymät, Pellervon taloustutkimus (PTT)

